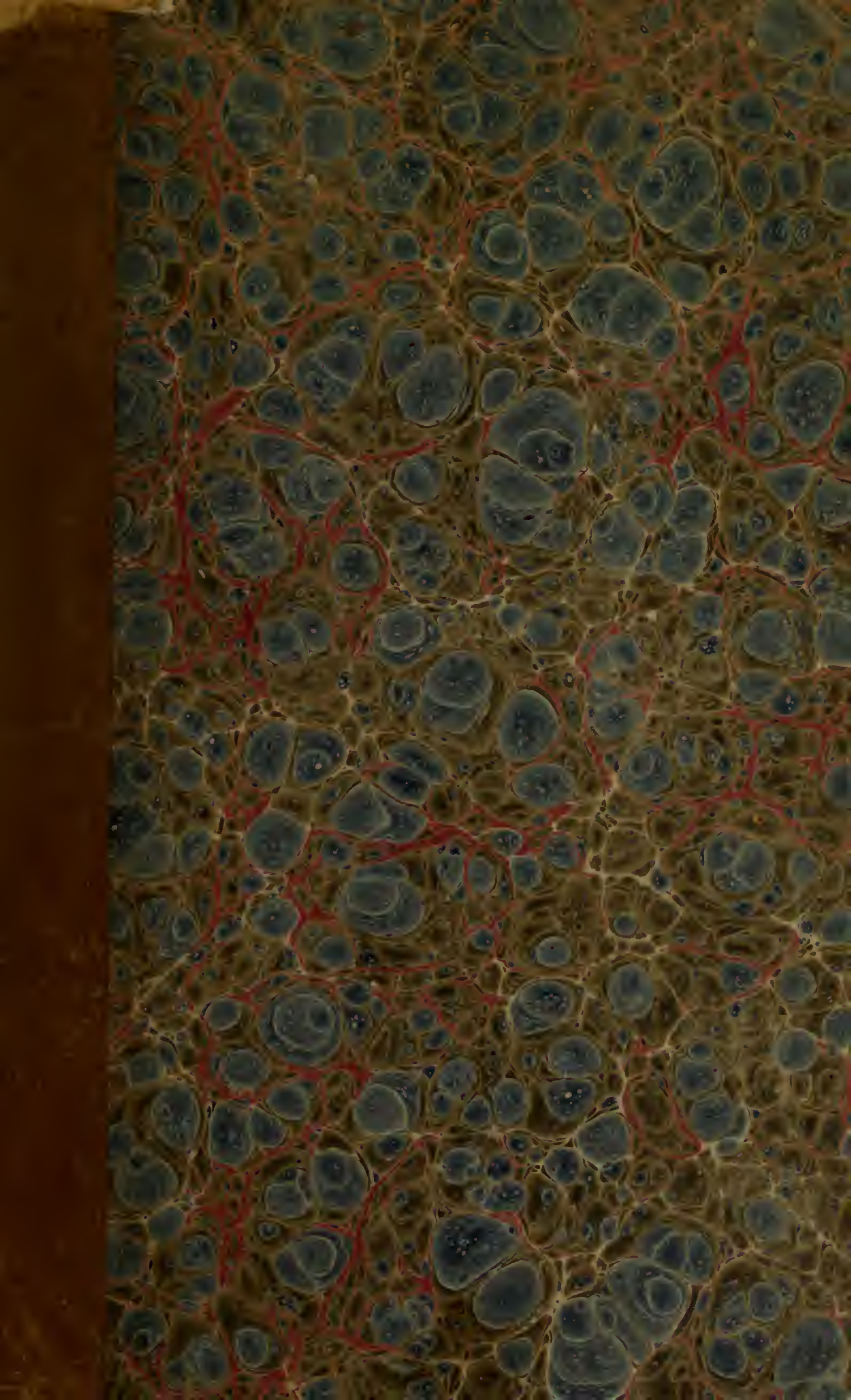


ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Imprimerie Charles Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TROISIÈME PÉRIODE

TOME SEPTIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE

GEORGES BRIDEL

Place de la Louve, 1

PARIS

G. MASSON

Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1882

[illegible]

DE L'ACTION DES POISONS CHEZ LES MOLLUSQUES

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

PAR

M. Émile YUNG, Dr sc.

Privat-docent à l'Université de Genève.

L'embranchement des mollusques renferme, comme on le sait, des animaux très différemment développés au point de vue physiologique. Les uns, comme les céphalopodes, sont hautement organisés, extrêmement agiles, sensibles, possédant tous les organes de la vie de relation. Les autres, au contraire, comme les lamellibranches, comptent parmi les animaux les moins nervés de la nature, et constituent l'un des groupes les moins propices aux expériences physiologiques. Les gastéropodes établissent à ce point de vue le passage entre les deux classes précédentes. Ce sont ces dernières que j'ai eues surtout en vue dans les recherches dont il va être question.

« La physiologie du système nerveux des mollusques, disait, en 1866, M. Vulpian dans ses *Leçons sur la physiologie générale et comparée du système nerveux*, se réduit encore presque exclusivement à des inductions fondées sur l'anatomie. » — Mais depuis cette époque la science a progressé, et l'assertion de l'éminent physio-

logiste de Paris n'est plus exacte aujourd'hui, en ce qui concerne du moins les céphalopodes. Les travaux de Paul Bert [1], Léon Fredericq [2], Klemensiewicz [3], Krukenberg [4], pour ne citer que les principaux, ont fondé la physiologie de ces animaux. Quant aux lamellibranches et aux gastéropodes, qui se prêtent beaucoup moins bien aux expériences, il faut reconnaître qu'il reste beaucoup à faire à leur égard.

Les poisons étant, comme je l'ai remarqué dans un précédent mémoire paru ici même, des réactifs physiologiques d'une extrême délicatesse et très aptes à servir dans les cas où la vivisection n'est pas possible, j'ai surtout profité pour étudier leur action chez les mollusques des excellentes conditions dans lesquelles je me suis trouvé pendant mes séjours à la station zoologique de Naples, où j'ai eu l'honneur, pendant trois mois, d'occuper la table suisse en 1880, et au laboratoire de zoologie de Roscoff, où j'ai pu de nouveau travailler cette année même, grâce à la libéralité de son éminent fondateur, M. le professeur H. de Lacaze-Duthiers.

Devant publier le détail de mes recherches, ainsi que l'historique de la question, dans les organes spéciaux de ces deux établissements, les *Mittheilungen aus der Zoolo-*

[1] Paul Bert, Mémoire sur la physiologie de la Seiche. Extrait des *Mémoires des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*. Paris, 1870.

[2] Fredericq, Physiologie du poulpe commun. *Archives de zoologie expérimentale*, 1879.

[3] Klemensiewicz, Beiträge zur Kenntniss des Farbenwechsels der Cephalopoden. *Sitzungsberichte d. K. K. Acad. d. Wiss. zu Wien*, Bd. 78, 1878.

[4] Krukenberg, Der Mechanismus der Chromatophorenspiele bei Eledone moschata. Vergleichende physiologische Studien an den Küsten der Adria. 1 Abth. 1880.

gischen Station zu Neapel et les *Archives de zoologie expérimentale,* j'y renvoie les lecteurs et je me contente de consigner ici les principaux résultats auxquels je suis parvenu.

CÉPHALOPODES

J'ai opéré sur les espèces suivantes qui me sont arrivées abondamment chaque jour à la station de Naples: *Octopus vulgaris, octopus macropus, eledone moschata, sepia officinalis, loligo vulgaris.* — Les expériences faites en premier lieu sur Octopus ou Eledone étaient répétées ensuite sur les autres espèces.

De l'absorption et de l'élimination des poisons. Nous pouvons admettre que les poisons agissent d'une manière analogue chez la très grande majorité des animaux. Les différences signalées par les auteurs tiennent, dans la plupart des cas, à une absorption défectueuse ou à une très rapide élimination. C'est ainsi que si l'on injecte sous la peau d'une *sepia* ou d'un *octopus* une forte dose d'un sel de strychnine, on est étonné de constater que l'animal, une fois qu'il a été replacé dans l'eau, ne paraît pas en souffrir. Il porte sous le dos une ampoule sous-cutanée renfermant le poison qui n'est pas absorbé ou ne l'est qu'en quantité insuffisante pour provoquer l'intoxication. La peau et les tissus sous-cutanés n'absorbent donc que d'une manière très imparfaite ou même nulle.

L'absorption est extrêmement rapide au contraire par les branchies, et il suffit de déposer dans la cavité respiratoire des traces de certains poisons (strychnine, nicotine) pour provoquer en peu d'instants l'empoisonnement général. On doit noter cependant à ce propos que l'inten-

sité du phénomène osmotique qui fait pénétrer le poison dans le sang à travers les branchies, varie infiniment d'un poison à l'autre et peut être très faible pour quelques substances de nature colloïde, telles que le curare et l'upas-antiar. Ceci explique pourquoi un céphalopode peut être plongé dans une solution de ces poisons et y vivre plusieurs heures avant de ressentir leur action.

Il nous a donc fallu, dans l'étude du curare, recourir à l'injection directe dans le sang, ce qui n'est pas difficile chez les animaux dont il s'agit ici. Leur artère céphalique est aisément mise à nu; il suffit pour la rencontrer de pratiquer une petite fente longitudinale au milieu de la face dorsale de l'animal, puis de pincer avec une serre-fine l'artère qui fait immédiatement saillie, et d'y introduire la canule d'une seringue de Pravaz. Lorsque l'injection a été poussée, on enlève la serre-fine et le poison est entraîné dans la circulation.

Quant à l'élimination, je suis arrivé à des résultats qui demandent vérification. Elle paraît s'effectuer concurremment par deux organes, le foie et la glande du noir, mais il est difficile de séparer les produits de sécrétion de ces organes du sang qui y afflue. Quoi qu'il en soit, l'encre sécrétée par la glande du noir, est devenue vénéneuse chez des animaux que j'avais empoisonnés en arrosant leurs branchies avec des solutions de strychnine ou de nicotine.

Eau douce, acides, alcalis. — L'eau douce est très délétère pour les céphalopodes, mais la rapidité de son action varie selon l'âge de l'animal. Une jeune sépia y meurt dans l'espace d'une minute, tandis qu'une sépia adulte et de forte taille y résiste en moyenne vingt minutes. Les mouvements respiratoires, d'abord ralentis pen-

dant quelques secondes, s'accélèrent de nouveau, atteignent au bout de sept à douze minutes un maximum inférieur à leur nombre initial et à partir duquel ils diminuent progressivement jusqu'à l'arrêt définitif.

L'irritation produite par l'eau douce se traduit par les efforts que fait l'animal pour en sortir et par le jeu rapide de ses chromatophores, qui commencent par noircir et donnent lieu à une sorte de frisson coloré. Après une demi-heure d'action, les muscles répondent encore à l'excitation électrique (surtout ceux des bras) et, contrairement à une assertion de M. Bert, j'ai toujours trouvé les cœurs en mouvement, quoique ralentis.

Dans un mélange de 50 °/₀ d'eau douce et d'eau de mer, la mort arrive beaucoup plus lentement.

Les acides minéraux sont aussi de violents poisons, et la sensibilité des céphalopodes à leur égard est extrême. Là où le papier de tournesol annonce à peine la présence d'un acide, un jeune poulpe ou un jeune calmar manifeste immédiatement une vive douleur. Toutefois, pour devenir toxique, la dose de l'acide doit s'élever plus haut.

Les acides organiques sont beaucoup moins actifs, et il en faut une dose relativement très forte pour obtenir les mêmes résultats qu'avec les acides minéraux.

La mort arrive dans tous les cas par arrêt des mouvements respiratoires et asphyxie. Les réflexes s'éteignent plus vite dans les bras qu'aux branchies. Un corps étranger (le doigt) introduit dans la cavité respiratoire, provoque des mouvements du manteau alors que l'animal paraît déjà mort.

Les acides essayés se rangent dans l'ordre suivant au point de vue de leur toxicité : *Acide azotique, acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide tannique, acide oxalique.*

Quant aux alcalis, ils se groupent, sous ce rapport, de la manière suivante : *Ammoniaque, potasse, soude, chaux* (?), *baryte* (?).

L'ammoniaque est plus toxique que l'acide azotique, le plus violent des acides essayés. C'est un poison musculaire, les mouvements de l'entonnoir sont les premiers altérés, en sorte que l'eau respiratoire est bientôt expulsée par le bord de l'ouverture branchiale, et que la locomotion par réaction, commune à tous les céphalopodes, devient impossible. L'animal ouvert un instant après la mort apparente a les cœurs arrêtés en systole, mais au contact de l'air, ils recommencent à battre.

Il me paraît superflu de rapporter les notes recueillies en expérimentant les autres bases. Il me suffira de dire que leur action est de même nature que celle de l'ammoniaque.

Si dans trois vases renfermant chacun deux litres d'eau et un Eledone de taille moyenne, on ajoute 3 centimètres cubes d'ammoniaque, de soude et de potasse, l'animal meurt :

Presque immédiatement dans l'ammoniaque.

Au bout de 45 minutes dans la potasse.

Au bout d'une heure dans la soude.

Quant à la chaux et à la baryte, peu solubles dans l'eau, des solutions saturées de ces alcalis n'ont conduit à la mort qu'après un temps si long que des doutes sont permis sur leur action spéciale.

Enfin j'ai confirmé sur les céphalopodes les résultats auxquels était arrivé M. Ch. Richet [1] en étudiant l'action

[1] Ch. Richet, De l'influence des milieux alcalins ou acides sur la vie des écrevisses. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. XC, p. 1166. Mai 1880.

des acides et des bases sur l'écrevisse, à savoir : que ces agents ne sont pas indiqués en raison de leur acidité ou de leur basicité.

Bichlorure de mercure. Ce poison attaque d'abord la contractilité musculaire (bras, manteau, cœur, artères et en dernier lieu cœurs veineux). L'irritabilité nerveuse est plus longtemps conservée sous son action. Les mouvements respiratoires sont en premier lieu accélérés jusqu'à un maximum qui, une fois atteint, fait place à un arrêt subit.

Curare [1]. Ce fameux poison que Vulpian, Steiner, Bernstein, Krukenberg, ont injecté avec succès sur les gastéropodes, ne s'est pas montré très actif chez les céphalopodes. Je l'ai employé à de fortes doses, et c'est seulement dans ces conditions que je l'ai vu agir à peu près comme chez les animaux supérieurs en provoquant une paralysie des muscles des bras et du manteau. Cette paralysie ne s'étend pas aux muscles du cœur et de l'intestin.

Le curare agit directement sur les cellules chromatophores en colorant la peau, comme cela a été constaté par Krukenberg, mais cette coloration n'est que passagère et elle fait place bientôt à une pâleur persistante.

L'absorption du poison est très lente et imparfaite par la peau et les branchies, ce qui peut expliquer le désaccord qui existe entre les auteurs qui ont étudié l'action du curare par ce procédé. L'absorption n'est pas nulle cependant, car elle a été suffisante pour donner un commencement de paralysie dans une expérience de M. Bert où l'éminent expérimentateur avait poussé une injection

[1] Le curare dont j'ai fait usage m'a été envoyé par Rousseau, à Paris. Il se montre très actif sur les grenouilles et les poissons.

sous-cutanée sur une sépia, et dans l'une des nôtres, en laissant tomber la solution du poison dans la cavité branchiale.

Strychnine. — Cet alcaloïde agit puissamment sur les céphalopodes. Il est rapidement absorbé par la surface branchiale. Il suffit d'une très petite quantité ($^1/_{40000}$ de nitrate de strychnine selon Krukenberg) pour provoquer des phénomènes toxiques.

La strychnine agit sur le système ganglionnaire et provoque de véritables mouvements tétaniques dans les muscles du manteau et des bras. Les mouvements respiratoires sont altérés dans leur régularité, sans que leur nombre augmente ou diminue d'une manière constante. Ils cessent ordinairement tout à fait, peu après le commencement du tétanos. Les pulsations cardiaques ne sont pas influencées d'une manière régulière, elles continuent longtemps encore après la mort de l'animal. La fatigue tétanique ne va pas jusqu'à l'épuisement des propriétés des nerfs et des muscles. Les mouvements réflexes sont abolis, mais l'excitation électrique des ganglions étoilés provoque la contraction des muscles du manteau.

Ce poison a en outre une action spéciale sur les chromatophores, action qui est évidemment indépendante des centres nerveux puisqu'elle s'effectue sur des morceaux de peau détachés du corps, comme Krukenberg l'a vu en premier lieu. Dans tous les cas la peau pâlit, ce qui indique un relâchement des muscles périphériques des chromatophores. Cette action locale a conduit Krukenberg à rapprocher la strychnine de la nicotine et de l'atropine, et d'en constituer sous le nom de *poisons nerveux périphériques* un groupe qu'il met en opposition avec la quinine, qu'il a également fort bien étudiée et qui n'agit que par l'intermédiaire des centres.

Nicotine. — Nous venons de dire que Krukenberg range ce poison dans le groupe des poisons périphériques à cause de son action sur des morceaux de peau détachés du corps. Il fait brunir la peau qui a blanchi à la suite de la section des nerfs palléaux. Une goutte d'une solution de nicotine à 1 : 20000 suffit lorsqu'on la pose sur la peau pour colorer fortement en brun la région touchée. La sensibilité des fibres radiaires des chromatophores est telle vis-à-vis de la nicotine qu'il suffit pour la faire réagir de souffler sur la peau de la fumée de tabac.

La nicotine ramène au noir la peau pâlie sous l'action de la strychnine ou de la quinine.

Mais outre cette action périphérique la nicotine agit bien aussi sur l'organe nerveux central et provoque de profonds troubles locomoteurs. Comme chez les vertébrés, elle paralyse les muscles à l'état de contraction, ceux du manteau en premier lieu, puis ceux des bras et enfin ceux de l'intestin et des cœurs.

Un céphalopode placé dans de l'eau de mer fraîche à laquelle on ajoute $^1/_{5000}$ de la solution de nicotine est immédiatement influencé. Il lance l'eau avec violence, ses mouvements respiratoires se succèdent rapidement, un par seconde pour le moins, mais après 30 ou 40 secondes, ils cessent brusquement. L'animal épuisé ne happe que difficilement, les ventouses n'ont plus de force. Les muscles des bras et du manteau entrent en convulsions. La peau se frise et se hérisse et l'animal ressemble à un chiffon, il lance de l'encre à plusieurs reprises. Les extrémités des bras se replient en spirales. Après 3 ou 4 minutes il n'y a plus de mouvements. Les mouvements réflexes sont vite éteints, mais l'irritabilité nerveuse est si bien conservée que même chez des animaux empoi-

sonnés avec une dose beaucoup plus forte de poison, la pince électrique posée sur les ganglions étoilés provoque la contraction du manteau.

Atropine. L'atropine est beaucoup moins active que les deux poisons précédents et quelle que soit la dose employée, on a peine à obtenir d'autres effets précis que la pâleur de la peau.

Muscarine. La muscarine que j'ai employée a été préparée par M. Denys Monnier, professeur à l'Université de Genève et retirée directement de l'*Agaricus muscarius*. Elle se présente sous la forme d'un liquide épais, gélatineux, couleur jaune-brun et très soluble dans l'eau.

Sur la peau, la muscarine agit dans le même sens que la nicotine quoique à un degré beaucoup moindre, c'est-à-dire qu'elle paralyse en contraction les muscles des chromatophores et fait brunir la place touchée. Si sur une place ainsi brunie, on place une goutte de nicotine, les limites de celle-ci se dessinent sur la première par une couleur plus intense.

La muscarine agit en outre sur les mouvements du cœur. Son absorption par les branchies est assez lente. A faible dose, elle a pour premier effet de ralentir les mouvements respiratoires sans les annihiler complètement et l'animal peut survivre après une indisposition de quelques heures. J'ai noté dans quelques cas où la dose administrée avait été très faible, une accélération passagère dans les pulsations des cœurs veineux et artériels. A forte dose, les cœurs s'arrêtent en diastole.

Quant à son action sur les sécrétions, si remarquable chez les animaux vertébrés, je n'ai pas fait d'expériences directes, rendues très difficiles par les conditions physiologiques dans lesquelles se trouvent les céphalopodes.

Toutefois, j'ai noté chez *Eledone* et *Octopus* une fréquence et une abondance remarquable dans le jet du noir, ce qui semble indiquer une hypersécrétion.

Dans les cas où les cœurs se trouvaient paralysés à la suite de l'absorption du poison par les branchies, j'ai toujours réussi à les réveiller par le courant d'induction, mais il n'en a pas été de même lorsque le poison était directement injecté dans le cœur.

Vératrine. L'action de ce poison est déjà évidente à la dose de 1 pour 10,000. La vératrine est chez les céphalopodes comme chez les vertébrés un puissant irritant, qui provoque de violentes contractions du manteau. Elle diminue le nombre des mouvements respiratoires et ceux du cœur. Elle provoque des crampes convulsives dans les muscles du manteau et dans ceux des bras et agit d'une manière générale sur les centres coordinateurs des mouvements. Sous son influence, l'animal semble ne plus savoir se diriger, il se tord sur lui-même et exécute les tours de gymnastique les plus imprévus. Les mouvements réflexes sont abolis.

Upas-antiar. J'ai fait usage d'un upas-antiar très actif. Deux gouttes de la solution aqueuse introduites sous la peau d'un crapaud et d'une grenouille, suffisent pour les tuer dans l'espace de quelques minutes.

Des doses considérables, introduites dans la cavité branchiale des céphalopodes, n'ont pas été absorbées. Il faut pousser le poison dans l'artère céphalique. L'animal se contracte alors violemment, rejette du noir et brunit à chaque convulsion. Les mouvements du cœur sont d'abord accélérés, mais diminuent plus tard. Ceux de la respiration sont abolis. Les mouvements réflexes sont conservés longtemps.

LAMELLIBRANCHES

Ces animaux sont très peu propices aux expériences physiologiques. La mollesse et la contractilité de leurs tissus, la minceur des parois de leurs vaisseaux, l'existence chez eux d'un système sanguin lacunaire, l'extrême réduction de leur système nerveux et la paresse de leurs mouvements sont autant de causes qui rendent les recherches difficiles et leurs résultats douteux.

Aussi ne devons-nous pas nous étonner si jusqu'ici le nombre des travaux relatifs aux fonctions de ces animaux est très restreint.

Dans la plupart des cas l'administration des poisons m'a conduit chez eux à des résultats négatifs et si je les mentionne, c'est que je suis convaincu que la non-efficacité d'un poison sur un animal une fois bien constatée, peut devenir d'un haut intérêt pour la physiologie comparée.

J'ai opéré sur trois espèces, l'une appartenant aux *Asiphonés*, l'*Anodonta anatina*, et les deux autres aux *Siphonés*, la *Mya arenaria* et le *Solen ensis*.

Voici le résumé de mes observations :

L'*eau douce* exerce une action délétère sur les lamellibranches qui y meurent au bout de quelques heures dans un état de résolution musculaire. Ils y perdent également l'excitabilité nerveuse. Le cœur est passagèrement accéléré par le contact direct de ce liquide.

Le *curare* à faibles doses ne produit aucun effet, et à doses très fortes il produit une sorte de difficulté dans les mouvements sans conduire à leur arrêt définitif. Ce poison n'est pas mieux absorbé par la surface branchiale que par son injection dans la masse du corps[1].

[1] Dans ses *Leçons sur la physiologie générale et comparée du sys-*

La *strychnine* n'agit que comme un excitant passager. Elle est absorbée par les branchies, mais quelle que soit la dose employée, elle ne produit que quelques convulsions dans le siphon et sur les bords du manteau, mais jamais de véritable tétanos. Parfois, même à forte dose, les résultats sont à peu près négatifs. Injectée dans la masse du corps, elle produit dans la plupart des cas une diminution des battements du cœur. Le poison placé directement sur le cœur l'arrête au bout de 15 à 30 minutes.

La *nicotine* ne provoque la mort qu'à forte dose, avec un peu de rigidité musculaire. A dose moyenne elle accélère les mouvements du cœur. Sous son influence, cet organe augmente considérablement de volume, effet qui est probablement dû à ce que le poison fait contracter les petits vaisseaux périphériques, ce qui fait refluer une grande quantité de sang vers le cœur.

Le *sulfate d'atropine*, quelle que soit la dose, ne produit aucun effet chez les lamellibranches.

La *digitaline* n'agit sur le cœur de ces animaux que lorsqu'elle lui est directement appliquée. Dans ce cas, le nombre des pulsations diminue et cesse même parfois complètement. L'abaissement des pulsations n'est pas précédé d'une accélération initiale.

La *vératrine* se comporte d'une façon très semblable à celle de la nicotine, elle accélère momentanément les mouvements du cœur et provoque son augmentation de

tème nerveux, Vulpian dit (page 762) en parlant des mollusques en général : « Les poisons curare et strychnine n'ont presque aucun effet sur ces animaux. »

D'après Krukenberg (loc. cit., p. 34), le curare aurait une action moins énergique chez les lamellibranches (*Lithodomus*, *Mytilus*, *Arca.*) que chez les gastéropodes (*Helix*, *Doris*) et les céphalopodes (*Eledone*); mais ces auteurs n'entrent pas dans des détails.

volume par reflux du sang périphérique. Elle exagère l'excitabilité nerveuse et musculaire et à forte dose, elle donne la mort.

La *muscarine* n'agit pas d'une manière régulière. Dans la plupart des cas elle produit des convulsions dans les muscles du corps et du manteau et une accélération passagère des mouvements du cœur qui précède une diminution rapide.

L'*upas antiar* ne produit aucun effet notable lorsqu'on l'injecte dans le corps, mais placé en contact direct avec le cœur, il agit comme paralysant.

Le *sulfo-cyanure de potassium,* poison éminemment musculaire, affaiblit les mouvements réflexes en altérant peu l'excitabilité nerveuse; à faible dose, il paraît accélérer les mouvements du cœur, mais à dose plus forte, il l'arrête en diastole. Le cœur mis en contact du poison est tué, aucun procédé ne réussit à réveiller ses mouvements.

MÉMOIRE

SUR LE

NOUVEAU BAROMÈTRE ENREGISTREUR

DE L'OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE DE LAUSANNE

PAR

MM. Henri DUFOUR et H. AMSTEIN
Professeurs à l'Académie de Lausanne.

L'importance que présente pour la météorologie l'étude des variations de la pression atmosphérique, explique le nombre relativement considérable de baromètres enregistreurs, anéroïdes ou à mercure, qui sont aujourd'hui en usage.

L'appareil que nous employons diffère de tous les instruments enregistreurs à mercure que nous connaissons; c'est ce qui nous autorise à en donner ici une courte description.

Le principe général sur lequel il repose peut s'énoncer:

Toutes les fois qu'un phénomène produit dans un appareil le mouvement d'une colonne liquide pesante, on peut utiliser les déplacements du centre de gravité, résultant de ce mouvement, pour obtenir l'enregistrement mécanique du phénomène observé.

L'application de ce principe à l'enregistrement des variations de la pression barométrique est des plus simples.

L'appareil se compose d'un tube de verre tel que ABCDEF (fig. I, pl. 1), rempli de mercure et soutenu par un axe horizontal O placé au-dessus du centre de gravité. Lorsque la pression barométrique augmente, le mercure s'élève dans la partie AB du tube et s'abaisse dans la branche ouverte EF, l'instrument tout entier s'incline et le style S se déplace à droite; l'inverse a lieu si la pression diminue.

Dans ce système le poids de l'instrument reste constant, l'appareil est d'une seule pièce et forme un levier coudé du premier genre dont les moments des deux bras varient avec la pression barométrique. A chaque pression correspond une position d'équilibre fixe et stable. A cause de ces propriétés nous appellerons l'instrument *baromètre-levier*.

Dans ce mémoire nous donnerons d'abord la théorie mathématique du baromètre-levier, nous décrirons ensuite les deux instruments employés au laboratoire de physique de l'Académie de Lausanne et nous indiquerons les résultats obtenus avec ces instruments.

Théorie du baromètre.

Dans l'étude suivante, la colonne mercurielle sera considérée comme un fil parfaitement cylindrique. Elle pourra même être remplacée par une ligne pesante et homogène, car l'expérience prouve que dans une colonne oblique de petit diamètre le niveau du mercure n'est pas horizontal, mais presque perpendiculaire à l'axe du tube; d'ailleurs la section constante de la colonne disparaît des équations.

Le tube se compose (voir fig. 2, pl. I) : 1° d'une tige AB de la longueur $(a + b)$; 2° de deux tiges, BO_1 et AO_2,

perpendiculaires à la première, chacune de la longueur k, et 3° de deux tiges courbes, $O_1 M_1$ et $O_2 M_2$, dont la longueur est variable, puisqu'il ne sera tenu compte du tube qu'en tant qu'il est rempli de mercure.

A chaque angle φ (voir fig. 2) correspond une hauteur barométrique déterminée. Les parties courbes du tube peuvent-elles être déterminées de manière que les variations de l'angle φ soient proportionnelles à celles de la hauteur barométrique? Tel est le problème qui se présente naturellement à l'esprit et dont la solution serait d'une haute importance théorique.

Les tentatives qui ont été faites pour arriver à la solution de ce problème n'ont pas abouti. Ni l'une ni l'autre des deux solutions, présentées dans ce mémoire, ne satisfait complètement soit aux exigences de la science, soit aux besoins de la pratique. Malgré ses résultats insuffisants, l'étude suivante ne sera peut-être pas dénuée de tout intérêt scientifique.

Les deux courbes seront rapportées à deux systèmes de coordonnées relatives rectangulaires, dont les origines se trouvent respectivement en O_1 et O_2. Soient x, y les coordonnées du point M_1 de la courbe supérieure, ξ, η celles du point M_2 de la courbe inférieure. Ces coordonnées sont des fonctions inconnues de l'angle φ qui, pour toute cette recherche, sera considéré comme la variable indépendante. Lorsque la tige AB fait l'angle φ avec la verticale, les longueurs des deux courbes ont pour expression

$$\text{arc } O_1M_1 = s = \int_{-\varphi_1}^{\varphi} ds$$

et

$$\text{arc } O_2M_2 = \sigma = -\int_{\varphi}^{\varphi_1} d\sigma = \int_{\varphi_1}^{\varphi} d\sigma,$$

où $-\varphi_1$ désigne l'angle qui correspond à la position limite du baromètre dans laquelle l'extrémité libre de la courbe supérieure coïncide avec l'origine O_1. L'angle $+\varphi_1$ a une signification analogue pour la courbe inférieure. Ces angles peuvent être choisis assez grands pour que jamais la longueur d'aucune des deux branches courbes ne soit complètement réduite à zéro. Il suffit, en effet, d'employer assez de mercure pour que, dans aucune position possible du baromètre, le mercure ne descende jusqu'aux points O_1 et O_2.

Il est à remarquer que, lorsque l'angle φ augmente, la longueur de la courbe O_2M_2 diminue; la différentielle de l'arc $d\sigma$ doit, par conséquent, être prise négativement.

Les coordonnées relatives X,Y du centre de gravité de la courbe O_1M_1 sont données par les formules

$$X = \frac{\int_{-\varphi_1}^{\varphi} x ds}{s}, \quad Y = \frac{\int_{-\varphi_1}^{\varphi} y ds}{s},$$

tandis que les coordonnées relatives Ξ, H du centre de gravité de la courbe O_2M_2 sont

$$\Xi = \frac{\int_{\varphi_1}^{\varphi} \xi d\sigma}{\sigma}, \quad H = \frac{\int_{\varphi_1}^{\varphi} \eta d\sigma}{\sigma}.$$

Lorsque le baromètre est en équilibre dans une posi-

tion quelconque, la somme des moments de toutes ses parties par rapport au point de suspension O est nulle. Les forces qui sollicitent l'appareil sont les poids de ses différentes parties. Comme tels, elles sont proportionnelles aux longueurs de ces parties. Pour établir l'équation des moments, on peut se figurer que chaque force est appliquée au centre de gravité de la partie dont elle représente le poids, et il suffit de remplacer les poids par les longueurs respectives, puisque, par hypothèse, toutes les parties du baromètre sont parfaitement cylindriques et homogènes. De cette manière on obtient les moments suivants :

Moment de OB $= \frac{1}{2} b^2 \sin \varphi$,

» $BO_1 = k\left(b \sin \varphi + \frac{1}{2} k \cos \varphi\right)$,

» $O_1M_1 = s\left[b \sin \varphi + (X + k) \cos \varphi + Y \sin \varphi\right]$,

» $OA = -\frac{1}{2} a^2 \sin \varphi$,

» $AO_2 = -k\left(a \sin \varphi + \frac{1}{2} k \cos \varphi\right)$,

» $O_2M_2 = -\sigma\left[a \sin \varphi + (\Xi + k) \cos \varphi - H \sin \varphi\right]$.

L'équation des moments devient :

$$\frac{1}{2} b^2 \sin \varphi + k\left(b \sin \varphi + \frac{1}{2} k \cos \varphi\right) +$$
$$+ s\left[b \sin \varphi + (X + k) \cos \varphi + Y \sin \varphi\right] -$$
$$- \left\{ \frac{1}{2} a^2 \sin \varphi + k\left(a \sin \varphi + \frac{1}{2} k \cos \varphi\right) + \right.$$
$$\left. + \sigma\left[a \sin \varphi + (\Xi + k) \cos \varphi - H \sin \varphi\right] \right\} = 0,$$

ou, en remplaçant X, Y, Ξ, H par leurs valeurs

$$\frac{1}{2} b^2 b \text{in}\, \varphi + k \left(b \sin \varphi + \frac{1}{2} k \cos \varphi\right) + (b \sin \varphi + k \cos \varphi) \int_{-\varphi_1}^{\varphi} ds +$$

$$+ \cos \varphi \int_{-\varphi_1}^{\varphi} x ds + \sin \varphi \int_{-\varphi_1}^{\varphi} y ds - \frac{1}{2} a^2 \sin \varphi - k\left(a \sin \varphi + \frac{1}{2} k \cos \varphi\right) -$$

$$-(a \sin \varphi + k \cos \varphi) \int_{\varphi_1}^{\varphi} d\sigma - \cos \varphi \int_{\varphi_1}^{\varphi} \xi d\sigma + \sin \varphi \int_{\varphi_1}^{\varphi} \eta d\sigma = 0,$$

ce qui peut s'écrire

$$\sin \varphi \int_{-\varphi_1}^{\varphi} (b + y) ds + \cos \varphi \int_{-\varphi_1}^{\varphi} (k + x) ds - \sin \varphi \int_{\varphi_1}^{\varphi} (a - \eta) d\sigma -$$

$$- \cos \varphi \int_{\varphi_1}^{\varphi} (k + \xi) d\sigma = \left[\frac{1}{2}(a^2 - b^2) + k(a - b)\right] \sin \varphi.$$

Si l'on pose encore pour abréger

$$\mathrm{E} = \frac{1}{2}(a^2 - b^2) + k(a - b) = (a - b)\left(\frac{a + b}{2} + k\right)$$

l'équation des moments prend la forme

$$\text{I.} \quad \mathrm{E} \sin \varphi = \sin \varphi \int_{-\varphi_1}^{\varphi} (b + y) ds + \cos \varphi \int_{-\varphi_1}^{\varphi} (k + x) ds -$$

$$- \sin \varphi \int_{\varphi_1}^{\varphi} (a - \eta) d\sigma - \cos \varphi \int_{\varphi_1}^{\varphi} (k + \xi) d\sigma.$$

En projetant le fil de mercure entier sur la verticale, on trouve pour la hauteur h de la colonne barométrique :

$$h = (a + b + y - \eta) \cos \varphi - (2k + x + \xi) \sin \varphi.$$

D'autre part, la condition que la variation de l'angle φ soit proportionnelle à celle de h, peut être exprimée par l'égalité

$$h = \mu + \lambda\varphi,$$

où μ et λ signifient des constantes, à savoir μ la hauteur moyenne de la colonne barométrique de l'endroit et λ la valeur réciproque de l'amplification que l'appareil devrait montrer. On a ainsi comme deuxième équation fondamentale

II. $\mu + \lambda\varphi = (a + b + y - \eta) \cos \varphi - (2k + x + \xi) \sin \varphi.$

Une troisième équation enfin est donnée par la condition que la longueur totale du fil de mercure soit constante. En laissant de côté les parties invariables du fil, on trouve

III. $$\int_{\varphi_1}^{\varphi} ds + \int_{\varphi_1}^{\varphi} d\sigma = \text{const.} = c.$$

I.

Les courbes cherchées O_1M_1 et O_2M_2 sont évidemment de même nature, et nous supposons que les fonctions inconnues x,y, resp. ξ,η, qui représentent les coordonnées relatives rectangulaires d'un de leurs points, permettent le développement suivant les puissances entières et ascendantes de φ.

Dans cette première solution du problème proposé, les calculs seront faits dans l'hypothèse que ces développements se réduisent aux deux premiers termes. Géométriquement parlant, cela revient à substituer aux courbes cherchées leurs tangentes aux points qui correspondent à l'angle $\varphi = 0$. Cette solution ne peut donc être considérée que comme une première approximation. L'essai de remplacer les courbes par des sections coniques osculatrices, c'est-à-dire d'arrêter les développements de x, y, ξ, η seulement aux termes en φ^2 est resté sans résultat.

Soit

$$\left\{\begin{array}{l} x = x_0 + A\varphi, \\ y = y_0 + B\varphi, \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} \xi = \xi_0 + C\varphi, \\ \eta = \eta_0 + D\varphi, \end{array}\right.$$

où x_0, y_0, A, B et ξ_0, η_0, C, D sont des constantes à déterminer. Pour $\varphi = -\varphi_1$, on doit avoir $x = y = 0$, et pour $\varphi = \varphi_1$, il faut que ξ et η s'évanouissent. Il s'ensuit que

$$\left\{\begin{array}{l} x_0 = A\varphi_1, \\ y_0 = B\varphi_1, \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} \xi_0 = -C\varphi_1, \\ \eta_0 = -D\varphi_1, \end{array}\right.$$

Puis

$$\left\{\begin{array}{l} dx = A d\varphi, \\ dy = B d\varphi, \\ ds = d\varphi \sqrt{A^2 + B^2}, \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} d\xi = C d\varphi, \\ d\eta = D d\varphi, \\ d\sigma = d\varphi \sqrt{C^2 + D^2}. \end{array}\right.$$

Par suite de l'équation III, on a

$$ds + d\sigma = 0$$

et par conséquent

$$\sqrt{A^2 + B^2} + \sqrt{C^2 + D^2} = 0,$$

$$s = \sqrt{A^2 + B^2} \int_{-\varphi_1}^{\varphi} d\varphi = \sqrt{A^2 + B^2}\,(\varphi + \varphi_1),$$

$$\sigma = -\sqrt{A^2 + B^2} \int_{\varphi_1}^{\varphi} d\varphi = \sqrt{A^2 + B^2}\,(\varphi_1 - \varphi),$$

$$s + \sigma = 2\varphi_1 \sqrt{A^2 + B^2} = c.$$

En posant pour abréger

$$\frac{c}{2\varphi_1} = m,$$

on tire de cette dernière équation

$$(\alpha) \qquad \sqrt{A^2 + B^2} = \frac{c}{2\varphi_1} = m.$$

Si dans l'équation II on introduit à la place des fonctions x, y, ξ, η leurs valeurs, il vient

$$\mu + \lambda\varphi = [a + b + y_0 - \eta_0 + (B - D)\,\varphi] \cos\varphi - \\ - [2k + x_0 + \xi_0 + (A + C)\,\varphi] \sin\varphi,$$

ou en remplaçant sin φ et cos φ par leurs séries et en arrêtant ces séries aux termes en φ^2 inclusivement

$$\mu + \lambda\varphi = a + b + y_0 - \eta_0 + [B - D - (2k + x_0 + \xi_0)]\,\varphi - \\ - \left[\frac{1}{2}(a + b + y_0 - \eta_0) + (A + C)\right]\varphi^2.$$

La comparaison des termes aux mêmes puissances de φ dans les deux membres de cette équation conduit aux égalités

$$(\beta) \qquad \mu = a + b + y_0 - \eta_0,$$

$$(\gamma) \qquad \lambda = \mathrm{B} - \mathrm{D} - (2k + x_0 + \xi_0).$$

Le terme négligé

$$(\delta) \qquad f_1 = -\left(\frac{1}{2}\mu + \mathrm{A} + \mathrm{C}\right)\varphi^2$$

permet d'estimer approximativement l'erreur qu'on commet dans le calcul de h, en posant $h = \mu + \lambda\varphi$.

En vue de former l'équation des moments, on calculera successivement

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi} ds(b+y) = m\int_{\varphi_1}^{\varphi} d\varphi(b+y_0+\mathrm{B}\varphi) = m\left[(b+y_0)\varphi + \frac{1}{2}\mathrm{B}\varphi^2\right]_{\varphi_1}^{\varphi} =$$

$$= m[(b+y_0)\varphi_1 - \frac{1}{2}\mathrm{B}\varphi_1^2 + (b+y_0)\varphi + \frac{1}{2}\mathrm{B}\varphi^2]$$

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi} ds(k+x) = m\int_{\varphi_1}^{\varphi} d\varphi(k+x_0+\mathrm{A}\varphi) = m\left[(k+x_0)\varphi + \frac{1}{2}\mathrm{A}\varphi^2\right]_{\varphi_1}^{\varphi} =$$

$$= m[(k+x_0)\varphi_1 - \frac{1}{2}\mathrm{A}\varphi_1^2 + (k+x_0)\varphi + \frac{1}{2}\mathrm{A}\varphi^2]$$

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi} d\sigma(a-\eta) = -m\int_{\varphi_1}^{\varphi} d\varphi(a-\eta_0-\mathrm{D}\varphi) = -m\left[(a-\eta_0)\varphi - \frac{1}{2}\mathrm{D}\varphi^2\right]_{\varphi_1}^{\varphi} =$$

$$= m[(a-\eta_0)\varphi_1 - \frac{1}{2}\mathrm{D}\varphi_1^2 - (a-\eta_0)\varphi + \frac{1}{2}\mathrm{D}\varphi^2],$$

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi} d\sigma(k+\xi) = -m\int_{\varphi_1}^{\varphi} d\varphi(k+\xi_0+\mathrm{C}\varphi) = -m\left[(k+\xi_0)\varphi + \frac{1}{2}\mathrm{C}\varphi^2\right]_{\varphi_1}^{\varphi} =$$

$$= m[(k+\xi_0)\varphi_1 + \frac{1}{2}\mathrm{C}\varphi_1^2 - (k+\xi_0)\varphi - \frac{1}{2}\mathrm{C}\varphi^2].$$

En introduisant les valeurs trouvées dans l'équation I on obtient

$$E \sin \varphi = m\,[(b - a + y_0 + \eta_0)\,\varphi_1 + \frac{1}{2}(D - B)\,\varphi_1^2 +$$

$$+ (a + b + y_0 - \eta_0)\,\varphi + \frac{1}{2}(B - D)\,\varphi^2]\sin\varphi +$$

$$+ m\,[(x_0 - \xi_0)\,\varphi_1 - \frac{1}{2}(A + C)\,\varphi_1^2 + (2k + x_0 + \xi_0)\,\varphi +$$

$$+ \frac{1}{2}(A + C)\,\varphi^2]\cos\varphi.$$

Si l'on remplace encore

$$\sin\varphi \quad \text{par} \quad \varphi$$

$$\cos\varphi \quad \text{par} \quad 1 - \frac{1}{2}\varphi^2$$

et que l'on néglige les termes en φ^3, mais non ceux qui contiennent le facteur $\varphi_1^2\varphi$, il vient

$$(\varepsilon) \qquad E\,\varphi = m\,[(x_0 - \xi_0)\,\varphi_1 - \frac{1}{2}(A + C)\,\varphi_1^2] +$$

$$+ m[2k + x_0 + \xi_0 + (b - a + y_0 + \eta_0)\,\varphi_1 + \underline{\frac{1}{2}(D - B)\,\varphi_1^2}]\,\varphi$$

$$\underline{+ m[a + b + y_0 - \eta_0)} + \frac{1}{2}\underline{(A + C)} - \frac{1}{2}\underline{(x_0 - \xi_0)\,\varphi_1} + \frac{1}{4}\underline{(A + C)\,\varphi_1^2]\,\varphi^2}.$$

Le premier membre de cette équation devient identique au second, à des grandeurs du deuxième ordre près, si l'on pose

$$(\zeta) \qquad 0 = x_0 - \xi_0 - \frac{1}{2}(A + C)\,\varphi_1 = \frac{1}{2}(A + C)\,\varphi_1$$

$$(\eta) \qquad E = m\,[2k + x_0 + \xi_0 + (b - a + y_0 + \eta_0)\,\varphi_1].$$

La somme des termes négligés (soulignés dans l'équation précédente) représente approximativement l'erreur qu'entraîne l'application de ces formules. Si elle est désignée par f_2, on a

$$f_2 = m\left\{\frac{1}{2}(D-B)\varphi_1^2\varphi + [\mu + \frac{1}{2}(A+C) - \frac{1}{2}(x_0 - \xi_0)\varphi_1 + \right.$$
$$\left. + \frac{1}{4}(A+C)\varphi_1^2]\varphi^2\right\}$$

ou en vertu de l'équation (ζ)

$$(\vartheta) \qquad f_2 = m\left\{\frac{1}{2}(D-B)\varphi_1^2\varphi + [\mu + \frac{1}{2}(A+C)]\varphi^2\right\}$$

En résumé, les équations qui servent de base au calcul de ce baromètre enregistreur, sont les suivantes :

$$(1) \qquad 0 = A + C$$

$$(2) \qquad \sqrt{A^2+B^2} + \sqrt{C^2+D^2} = 0$$

$$(3) \qquad \sqrt{A^2+B^2} = m = \frac{c}{2\varphi_1}$$

$$(4) \qquad \frac{E}{m} = 2k + x_0 + \xi^0 + (b - a + y_0 + \eta_0)\varphi_1$$

où

$$E = (a-b)\left[\frac{1}{2}(a+b) + k\right]$$

$$(5) \qquad \lambda = B - D - (2k + x_0 + \xi_0)$$

$$(6) \qquad \mu = a + b + y_0 - \eta_0$$

$$(7) \qquad \begin{cases} x_0 = A\varphi_1, \\ y_0 = B\varphi_1, \end{cases} \qquad \begin{cases} \xi_0 = -C\varphi_1 \\ \eta_0 = -D\varphi_1 \end{cases}$$

$$(8)\qquad f_1 = -\left(\frac{1}{2}\mu + A + C\right)\varphi^2$$

$$(9)\qquad f_2 = m\left\{\frac{1}{2}(D - B)\varphi_1{}^2\varphi + \left[\mu + \frac{1}{2}(A + C)\right]\varphi^2\right\}$$

Dans les quatre premières de ces équations on pourrait considérer A, B, C, D comme inconnues et k comme une constante donnée. Cependant, dans l'intérêt de la simplicité des calculs il paraît préférable d'admettre encore une relation arbitraire entre les quatre quantités A, B, C, D et d'envisager, par contre, k comme nouvelle inconnue. Par suite de l'équation (1) on a

$$A = -C,$$

et l'équation (2) donne

$$B = \pm D.$$

La relation

$$A = -B,$$

admise arbitrairement, entraîne l'égalité

$$C = \pm D.$$

Alors l'équation (3) fournit

$$A = -C = -B = D = -m\sqrt{\frac{1}{2}},$$

où le choix des signes a été guidé par des considérations essentiellement pratiques.

Les formules telles qu'elles peuvent servir immédiatement au calcul numérique, prennent maintenant la forme :

$$(3^a) \qquad A = -C = -B = D = -\frac{c}{2\varphi_1\sqrt{2}},$$

$$(4^a) \quad c[2(k+x_0)+(b-a+2y_0)\varphi_1]=(a-b)[a+b+2k]\varphi_1,$$

$$(5^a) \qquad \lambda = 2(B - k - x_0)$$

$$(6^a) \qquad \mu = a + b$$

$$(7^a) \qquad x_0 = \xi_0 = -y_0 = -\eta_0 = A\varphi_1$$

$$(8^a) \qquad f_1 = -\frac{1}{2}\mu\varphi^2$$

$$(9^a) \qquad f_2 = \frac{c}{2\varphi_1}[\mu\varphi^2 - B\varphi_1{}^2\varphi].$$

Application numérique. — Soit, en prenant pour la hauteur barométrique moyenne de Lausanne 720mm [1] :

$$a + b = 0{,}72 \text{ mètres.}$$

et puis

$$a - b = 0{,}20 \quad »$$

d'où

$$\begin{cases} a = 0{,}46 & » \\ b = 0{,}26 & » \end{cases}$$

$$c = 0{,}15 \quad »$$

$$\varphi_1 = 0{,}20 \quad »$$

$$m = \frac{c}{2\varphi_1} = \frac{3}{8}$$

[1] Cette hauteur est trop élevée de 3mm,1 ; la hauteur barométrique moyenne, d'après cinq années d'observations faites à l'Asile des aveugles (507 mètres), est de 716mm,9. On a adopté le chiffre de 720mm pour simplifier les calculs numériques.

Alors on tire de (3^a)

$$A = -C = -B = D = -\frac{3}{8\sqrt{2}} = -0,265165,$$

de (7^a)

$$x_0 = \xi_0 = -y_0 = -\eta_0 = -0,053033$$

de (4^a)

$$k = 0,216036$$

et de (5^a)

$$\lambda = 0,204324$$

D'après ces chiffres la longueur des branches transversales est

$$k = 216\ m.\ m.,$$

l'amplification que l'appareil devrait donner est

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,204324} = 4,9 \text{ (appr.)}$$

Les branches O_1M_1 et O_2M_2 sont rectilignes et font avec l'axe positif des X correspondants un angle de $-45°$ (fig. 3).

L'angle φ dépassera rarement les valeurs

$$\varphi = \pm 0,1 = \pm 5^0\, 43'\, 46'',5.$$

Les hauteurs barométriques, calculées au moyen de la formule

$$h = \mu + \lambda\varphi = 0,72 + 0,204324\,\varphi$$

pour ces angles extrêmes, à savoir

$$(\varphi = 0,1) \qquad h = 0,7404324 \text{ mètre}$$
$$(\varphi = -0,1) \qquad h = 0,6995676 \quad \text{»}$$

se trouvent être trop grandes *théoriquement* de

$$-f_1 = \frac{1}{2}\mu\varphi^2 = 0,36 \times 0,01 = 0,0036 \text{ mètre}$$

et dans l'équation des moments

$$E\varphi = \frac{c}{2\varphi_1}[2k + x_0 + \xi_0 + (b - a + y_0 + \eta_0)\varphi_1]\varphi + \ldots\ldots$$

le premier membre est plus grand que le second pour

$$\varphi = 0,1 \text{ de } f_2 = \frac{c}{2\varphi_1}(\mu\varphi^2 - B\varphi_1{}^2\varphi) = 0,002302$$

et pour

$$\varphi = -0,1 \text{ de } f_2 = 0,003098.$$

Pour savoir jusqu'à quelle valeur de φ on peut théoriquement espérer que la formule $h = \mu + \lambda\varphi$ donne les valeurs de h justes à un demi-millimètre près, il suffit de poser

$$f_1 = \frac{1}{2}\mu\varphi^2 < 0,0005,$$

d'où l'on tire

$$\varphi < \sqrt{\frac{2.0,0005}{\mu}},$$

ou

$$\varphi < \sqrt{\frac{0,0005}{0,36}} < 0,037268,$$

Mais comme pour

$$\varphi = + 0,037, \qquad f_2 = 0,000222$$

et pour

$$\varphi = - 0,037, \qquad f_2 = 0,000517$$

et que, pour différentes raisons, on ne peut pas savoir exactement l'influence que ces erreurs théoriques dans l'équation des moments exercent sur la marche de l'appareil, la théorie ne peut pas indiquer avec certitude les limites entre lesquelles les variations de l'angle φ restent proportionnelles aux variations de la colonne barométrique.

II.

Pour simplifier les calculs, l'appareil sera suspendu au milieu O de la tige principale AB, dont la longueur est $2a$; les tiges transversales BO_1 et AO_2 ne sont pas changées, tandis que les branches O_1M_1 et O_2M_2 ont les longueurs respectives ξ et η et sont parallèles à AB. De plus en un point de la tige OA est adapté une sorte de came CDE, le long de laquelle peut glisser un fil portant un poids constant (voir fig. 4).

Le problème qui se présente maintenant est celui de déterminer la forme de la came de manière que les variations de l'angle φ soient proportionnelles aux variations de la colonne barométrique.

Soit l la longueur d'une colonne de mercure dont le poids est égal au poids additionnel en question. Le bras de levier de ce poids additionnel doit varier avec l'angle φ;

il peut, en conséquence, être représenté par une fonction de φ, $f(\varphi)$, qui sera déterminée ultérieurement.

Dans ces nouvelles conditions la hauteur h de la colonne barométrique devient

$$h = 2a\cos\varphi - 2k\sin\varphi + (\xi - \eta)\cos\varphi.$$

Pour qu'on ait rigoureusement

$$h = 2a + 2\lambda\varphi,$$

c'est-à-dire pour que les variations de φ soient parfaitement proportionnelles aux variations de h, on posera

$$2a + 2\lambda\varphi = 2a\cos\varphi - 2k\sin\varphi + (\xi - \eta)\cos\varphi.$$

De cette équation, dans laquelle 2λ représente la valeur réciproque de l'amplification attendue, on tire

$$\xi - \eta = 2\,\frac{a + \lambda\varphi - a\cos\varphi + k\sin\varphi}{\cos\varphi},$$

D'ailleurs

$$\xi + \eta = 2c,$$

si c signifie une constante.

Ces deux équations donnent

$$\xi = c + \frac{a + \lambda\varphi - a\cos\varphi + k\sin\varphi}{\cos\varphi}$$

$$\eta = c - \frac{a + \lambda\varphi - a\cos\varphi + k\sin\varphi}{\cos\varphi},$$

ou en posant pour abréger

$$A = \frac{a + \lambda\varphi - a\cos\varphi + k\sin\varphi}{\cos\varphi}$$

(1) $$\xi = c + A$$

(2) $$\eta = c - A.$$

L'équation des moments prend la forme, si l'on fait abstraction du poids de la came,

$$\xi\left(a\sin\varphi + k\cos\varphi + \frac{1}{2}\xi\sin\varphi\right) =$$

$$= \eta\left(a\sin\varphi + k\cos\varphi - \frac{1}{2}\eta\sin\varphi\right) + lf(\varphi).$$

On en tire

$$lf(\varphi) = \xi\left(a\sin\varphi + k\cos\varphi + \frac{1}{2}\xi\sin\varphi\right) -$$

$$- \eta\left(a\sin\varphi + k\cos\varphi - \frac{1}{2}\eta\sin\varphi\right),$$

ou, en introduisant les valeurs de ξ et η

(3) $$lf(\varphi) = 2A(a\sin\varphi + k\cos\varphi) + (c^2 + A^2)\sin\varphi.$$

Après avoir ainsi trouvé la fonction $f(\varphi)$, il reste encore à déterminer la forme de la came. A cet effet, la courbe cherchée sera rapportée à un système de coordonnées relatives rectangulaires, dont l'origine est le point O et dont l'axe positif des X se confond en direction avec la droite OA, et l'axe positif des Y se trouve à droite de la tige AB.

Lorsque la droite AB fait un angle φ avec la verticale, le fil quitte la came en un point x,y, où la tangente à la courbe cherchée est nécessairement parallèle à la verti-

cale. Traduit en géométrie, le problème qu'il importe de résoudre, est le suivant : Déterminer l'enveloppe d'une ligne droite mobile dont la distance à l'origine est une fonction donnée $f(\varphi)$ de l'angle φ que cette droite fait avec l'axe positif des X.

Soient x,y les coordonnées du point de contact de la droite mobile dans l'une quelconque de ses positions. Si l'on désigne les coordonnées courantes par X,Y, cette droite a pour équation

$$\mathrm{Y}-y=\frac{dy}{dx}(\mathrm{X}-x)$$

et sa distance à l'origine est donnée par l'expression

$$\frac{-y+x\frac{dy}{dx}}{\sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}.$$

Par suite des conditions énoncées, on a

$$\frac{dy}{dx}=\operatorname{tg}\varphi,$$

d'où

(4) $$dy=\operatorname{tg}\varphi.dx$$

et

$$\frac{-y+x\operatorname{tg}\varphi}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}}=f(\varphi)$$

ou

(5) $$-y+x\operatorname{tg}\varphi=\frac{f(\varphi)}{\cos\varphi}.$$

En différentiant cette équation, on obtient

$$-dy+dx\operatorname{tg}\varphi+x\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}=d\frac{f(\varphi)}{\cos\varphi}$$

ou en vertu de l'équation (4)

$$\frac{x}{\cos^2\varphi}.d\varphi = d\,\frac{f(\varphi)}{\cos\varphi}.$$

Cette équation donne

$$(6) \qquad x = \cos^2\varphi.\frac{d}{d\varphi}\,\frac{f(\varphi)}{\cos\varphi}$$

et de l'équation (5) on tire

$$(7) \qquad y = x\,\mathrm{tg}\,\varphi - \frac{f(\varphi)}{\cos\varphi}.$$

Les deux équations (6) et (7) ensemble représentent la courbe cherchée. On peut les mettre sous la forme

$$x = \cos^2\varphi.\frac{\cos\varphi f'(\varphi) + f(\varphi)\sin\varphi}{\cos^2\varphi} = f'(\varphi)\cos\varphi + f(\varphi)\sin\varphi$$

$$y = f'(\varphi)\sin\varphi + f(\varphi)\frac{\sin^2\varphi}{\cos\varphi} - \frac{f(\varphi)}{\cos\varphi} = f'(\varphi)\sin\varphi - f(\varphi)\cos\varphi.$$

Ainsi, la forme qu'il faut donner à la came est déterminée par les deux équations

$$\begin{cases} x = f'(\varphi)\cos\varphi + f(\varphi)\sin\varphi, \\ y = f'(\varphi)\sin\varphi - f(\varphi)\cos\varphi. \end{cases}$$

Or,

$$lf(\varphi) = (c^2 + A^2 + 2Aa)\sin\varphi + 2Ak\cos\varphi$$

$$lf'(\varphi) = 2(A'a - Ak + AA')\sin\varphi + [c^2 + A^2 + 2(A'k + Aa)]\cos\varphi.$$

En introduisant ces valeurs dans les équations précédentes, il vient

$$\begin{cases} lx = A^2 + 2Aa + c^2 + A'[(a+A)\sin 2\varphi + k(1+\cos 2\varphi)], \\ ly = A'[(a+A)(1-\cos 2\varphi) + k\sin 2\varphi] - 2Ak, \end{cases}$$

où

$$A = \frac{a + \lambda\varphi - a\cos\varphi + k\sin\varphi}{\cos\varphi},$$

$$A' = \frac{k + \lambda\cos\varphi + (a+\lambda\varphi)\sin\varphi}{\cos^2\varphi}.$$

Application numérique. — Soit

$$a = 0{,}36, \quad k = 0{,}2, \quad \lambda = \frac{1}{8}, \quad c = 0{,}075.$$

L'angle φ dépassera rarement les valeurs $\varphi = \pm\, 0{,}08$. Il suffira donc de calculer x et y pour les trois valeurs $\varphi = 0$, $\varphi = \pm\, 0{,}08$ pour reconnaître, si la solution du problème proposé qui vient d'être donnée, est susceptible d'une application pratique. On trouve successivement

1° pour $\varphi = 0$:

$$A = 0, \quad A' = 0{,}325$$

$$\begin{cases} lx = 0{,}135625 \\ ly = 0 \end{cases}$$

2° pour $\varphi = 0{,}08$:

$$A = 0{,}027221, \quad A' = 0{,}356445$$

$$\begin{cases} lx = 0{,}189622 \\ ly = 0{,}002232 \end{cases}$$

3° pour $\varphi = -\, 0{,}08$:

$$A = -0,024911, \quad A' = 0,298537$$

$$\begin{cases} lx = 0,091024 \\ ly = 0,001730 \end{cases}$$

La constante positive l étant arbitraire, on peut en disposer encore. Mais de deux choses il arrivera nécessairement l'une. Suivant qu'on choisit l très petit ou près de l'unité, les valeurs correspondantes de x seront relativement grandes ou petites. Dans le premier cas, la came prendrait des dimensions qui seraient en disproportion avec l'appareil, et il ne serait plus permis de négliger son poids. Dans le second cas, le poids additionnel qu'il faudrait employer serait trop considérable pour que l'appareil conservât sa sensibilité.

Ainsi l'on voit que cette deuxième solution, bien que préférable à la première au point de vue de la théorie pure, n'en offre cependant pas les avantages pratiques. Elle a été donnée ici pour faire voir quelles sont les difficultés qui, jusqu'à présent, ont rendu impossible une solution satisfaisante du problème proposé.

Description du Baromètre-Levier. Résultats obtenus.

On a construit des tubes de formes diverses telles que celles représentées dans les figures 1, 2, 5, 6, 8, pl. I; chaque tube a été étudié séparément de la manière suivante, fig. 8, pl. I.

Le tube barométrique BB est muni d'un robinet en verre R, ce tube est serré, en un point situé au-dessus du centre de gravité, au moyen d'un collier en laiton portant deux couteaux qui reposent sur un support convenable

fixé à une console en fer K. Le tube peut ainsi osciller dans un plan vertical. Un style collé au bas du tube se meut devant une règle divisée.

Pour déterminer la relation entre les variations de la hauteur du baromètre et les déplacements du style, on mesure avec un cathétomètre TT, fig. 8, la distance verticale des ménisques de mercure dans le tube, le robinet R étant ouvert, puis on lit la position du style sur l'échelle. Cela fait, on incline le tube à droite ou à gauche puis on ferme le robinet R; l'appareil abandonné à lui-même prend une nouvelle position d'équilibre pour laquelle on détermine la différence de niveau des deux ménisques et la position du style. En répétant cette opération pour un grand nombre de positions du tube ou obtient un nombre de points suffisants pour tracer la courbe de l'amplification de l'instrument.

C'est par cette méthode qu'on a gradué les deux instruments employés au laboratoire et dont nous ne décrivons que l'appareil à enregistrement continu représenté dans la planche II.

Le tube barométrique A, B, C, D, E, F a les dimensions suivantes :

Longueur	AB = EF =	130^{mm}
»	BC = DE =	220^{mm}
»	CD =	713^{mm}
Diamètre intérieur du tube		6^{mm}

Le tube est serré au point O par un collier qui porte les couteaux, représenté dans la figure 7, pl. I, et fig. 2, pl. II[1].

[1] Dans un autre appareil on a employé pour soutenir le tube le

Le point de suspension O du tube est situé dans cet appareil à 281^{mm} de C et à 432^{mm} de D. Une console en fonte est solidement fixée contre le fond de l'armoire qui protège l'instrument. Sur cette console on a vissé la pièce L, fig. 2, qui porte deux plans d'acier *pp* sur lesquels reposent les deux couteaux CC. La figure 2 représente à une échelle plus grande que celle de la figure 1, l'extrémité de la console K, la plaque de laiton L et le collier de suspension.

A l'extrémité D du tube barométrique est fixé l'appareil inscripteur (fig. 1 et 4, pl. II), qui se compose d'une lame mince *r* à laquelle est fixée une tige d'aluminium *a* supportant le tube *l* fait en laiton mince. Ce tube, grâce à son élasticité, serre un tube de verre *v* de 2 centimètres environ de longueur sur 4^{mm} de diamètre, effilé à son extrémité inférieure; en outre, un fragment de plume d'oie *b*, recourbé comme l'indique la figure 4, est pressé par le collier *l* contre le tube de verre, de sorte que l'extrémité effilée du tube touche la plume. On introduit dans le tube de verre une certaine quantité d'encre formée de violet d'aniline dissous dans l'eau additionnée d'un peu de glycérine; cette encre ne doit pas être trop fluide, elle s'écoule lentement par l'orifice inférieur du tube *v* et

mode de suspension représenté dans la figure 3, pl. II, qui est analogue à celui imaginé par M. Hasler pour suspendre le fléau du baromètre-balance de M. Wild. On voit que le collier est soutenu par deux ressorts métalliques MM qui se fixent en A et en B contre les extrémités du support en laiton L représenté dans la figure 2, pl. II. Lorsque le tube barométrique s'incline, les lames métalliques verticales MM fléchissent un peu à gauche ou à droite. Ce mode de suspension est préférable si le tube barométrique est très lourd. Dans le cas d'un tube léger la suspension sur couteaux est plus délicate.

maintient la plume t toujours humide; le tracé obtenu est très fin, il suffit de remettre une goutte d'encre dans le tube tous les quinze jours pour obtenir un tracé continu et sans taches. La glycérine empêche cette encre de s'évaporer. La plume d'oie est préférable à la plume de métal; depuis deux ans que ce style fonctionne, on n'a jamais changé la plume qui ne paraît avoir subi aucune altération.

La distance de l'extrémité du style au point D étant de 20 cent., il en résulte que la pointe de la plume décrit un arc de cercle de 632 mill. de rayon; l'amplitude totale de son excursion étant 12 cent., la valeur de l'angle φ compris entre les deux positions extrêmes du tube est de plus de 10°.

Le mécanisme servant à produire le déroulement du papier est le suivant :

Un rouleau de papier de 18 centimètres de largeur (papier pour télégraphe Morse) est placé sur l'axe d'une grosse bobine en bois B, soutenue par deux consoles identiques à la console K [1].

La bande de papier passe entre deux cylindres en laiton RR′, à surface rugueuse, supportés par deux consoles identiques aux précédentes. L'un des cylindres R peut se déplacer un peu dans un plan horizontal; il est pressé contre l'autre par deux ressorts, de sorte que la bande de papier est serrée entre eux. L'axe du cylindre R′ se prolonge et porte 3 poulies de diamètres différents, tournées dans la même pièce de bois. (La figure 1, pl. II, ne montre en P que la plus grande de ces poulies.)

[1] On trouve ces consoles en fonte dans le commerce; celles que nous employons ont 15 cent. de longueur sur 12 cent. de hauteur, et coûtent la modique somme de 0 fr. 70.

Le mouvement est produit par l'horloge H, placée sur l'un des côtés de l'armoire qui protège l'appareil. Cette horloge est à poids et marche six jours sans être remontée, la hauteur de l'armoire étant de $1^m,30$. Le poids, qui n'est pas visible dans la figure, est suspendu à une corde; cette corde, au lieu de descendre verticalement sous l'horloge, passe d'abord sur un petit treuil T (représenté à part, fig. 5, pl. II), de là elle descend verticalement dans l'armoire. Le treuil est ainsi mis en mouvement par la descente du poids. Enfin, un cordon sans fin *f*, *f*, *f* (fig. 1) réunit l'une des trois poulies du treuil (fig. 5) à l'une des trois poulies montées sur l'axe du cylindre de laiton; ce cylindre, en tournant, entraîne le papier. En combinant les six poulies deux à deux on peut obtenir ainsi neuf vitesses différentes de déroulement du papier. La vitesse que nous avons adoptée est de 4^{mm} par heure.

Le pointage des heures se fait au moyen d'un électro-aimant, dont l'armature est montée sur un levier droit, analogue à celui du récepteur du Morse. Ce levier est terminé par une pointe qui fait toutes les heures un trou sur le bord du papier.

Le courant de la pile (élément au sel ammoniac) est établi par l'aiguille des minutes qui ferme le contact *c*, lorsqu'elle passe sur l'heure XII.

Il nous reste à décrire un dernier appareil indispensable pour que l'instrument marque sans retard les variations de la pression barométrique. On sait que lorsqu'on fait une lecture au baromètre, il faut frapper légèrement sur le tube de l'instrument pour détruire l'adhérence du mercure, et pour que ce liquide prenne sa position d'équilibre. Cette nécessité s'impose aussi avec les appareils enregistreurs, et on a dû imaginer pour ces instruments

des dispositions souvent assez complexes pour ébranler l'appareil avant l'enregistrement. Dans les appareils qui, comme le nôtre, marchent d'une manière continue, il y a encore une cause d'erreur qui peut être assez grave, c'est le frottement de la plume sur le papier. Quelque faible que soit ce frottement, il occasionne toujours une légère résistance au déplacement, résistance qui fait que l'appareil n'accuse pas les extrêmes d'une façon aussi nette qu'il le devrait. Pour corriger ces deux défauts, il faut que le style soit fréquemment détaché du papier, de sorte que pendant un instant l'instrument soit librement suspendu dans l'air sans autre frottement que celui des couteaux; il faut, en outre, que la colonne barométrique reçoive fréquemment aussi un léger ébranlement qui détruise l'adhérence du mercure.

Ce double effet est obtenu très simplement dans notre appareil de la manière suivante : Une tige de verre *v, v, v* (fig. 1, pl. II), soutenue par un ressort *s*, est placée entre le papier et le style *r*; elle peut osciller dans un plan horizontal. L'extrémité libre de cette tige sort de l'armoire en passant au travers d'une fente ménagée à cet effet dans la paroi au-dessus de laquelle se trouve la pendule.

Une tige de sapin *t*, soutenue par un ressort *s'* fixé au point *z*, peut osciller parallèlement au plan de la même paroi. L'extrémité inférieure de cette tige est attachée à l'extrémité de la tige de verre. L'ensemble forme ainsi deux côtés d'un rectangle, dont l'angle oscille librement.

Le pendule P de l'horloge a 80 cent. de longueur; il porte une lentille pesant 800 grammes, et fait de petites oscillations (4 centimètres). A chaque oscillation à droite, le bord de la lentille touche légèrement la tige *t* et la pousse à droite, la tige de verre participe au mouvement

et soulève le style r. Ce choc est suffisant pour communiquer un léger ébranlement à la colonne de mercure et détruire l'adhérence. La durée d'une oscillation simple du pendule étant de 1 seconde, la plume est soulevée ainsi toutes les deux secondes. L'appareil est ainsi constamment ébranlé et obéit immédiatement aux variations de la pression.

Telles sont les pièces principales de l'appareil à marche continue que nous employons depuis deux ans et qui nous satisfait entièrement.

Nous ne décrirons pas ici le second instrument qui ne diffère du précédent que par le procédé de déroulement du papier et par le fait que la pression barométrique est enregistrée seulement d'heure en heure. Nous nous contenterons d'indiquer en quelques mots les résultats obtenus.

La courbe (fig. 4, pl. III) représente graphiquement le résultat de la graduation de l'un des instruments employés. On voit que l'amplification n'est pas constante, il est naturel de chercher si une formule empirique permet de représenter les résultats des observations.

D'après la nature de la courbe on a essayé d'employer une formule de la forme $y = ax + bx^2 + cx^3$, en cherchant d'abord si les deux premiers termes donnent une approximation suffisante.

Dans cette formule, comme dans la courbe, y exprime l'excès de la hauteur barométrique sur une hauteur arbitraire prise comme origine, on a adopté pour cette origine la cote 690^{mm}. La valeur de x exprime en millimètres la distance du point de la courbe correspondant à la hauteur y jusqu'à la ligne de foi correspondant à 690^{mm}.

Les valeurs des constantes a et b ont été calculées par

la méthode des moindres carrés en employant huit points de la courbe.

Les valeurs de ces constantes sont dans l'appareil étudié.

$$a = 0.885$$
$$b = -0.0047$$

Nous donnons dans le tableau suivant les résultats obtenus pour quelques observations relevées au hasard, et comparées aux observations barométriques directes.

Distance à la ligne de foi x	Hauteur barométrique d'après la formule.	Hauteur barométrique d'après la courbe.	Hauteur vraie.	Différence 4—2	Différence 4—3
1	2	3	4	5	6
38.3	715.64	715.70	715.80	+0.16	+0.10
50.4	721.63	721.50	721.80	+0.17	+0.30
24.5	707.12	707.10	706.90	—0.22	—0.20
36.9	714.86	714.80	714.60	—0.26	—0.20
37.3	715.08	715.10	714.90	—0.18	—0.20
29.4	710.35	710.35	710.40	+0.05	+0.05
39.9	716.51	716.60	716.70	+0.19	+0.10
35.3	713.94	714.05	713.90	—0.04	—0.15
29.1	710.16	710.20	710.35	+0.19	+0.15
42.3	717.80	717.75	717.90	+0.10	+0.15

La première colonne contient les résultats du relevé des points sur le papier; la seconde, la hauteur barométrique calculée par la formule; la troisième, la hauteur barométrique relevée sur la courbe; la quatrième donne la hauteur du baromètre météorologique suisse; enfin les cinquième et sixième colonnes contiennent les différences.

On voit que les différences entre les résultats fournis par l'enregistreur et ceux donnés par les lectures directes

varient entre $0^{mm},04$ et $0^{mm},26$. C'est-à-dire que l'erreur d'observation résultant d'une lecture faite au hasard sur l'enregistreur n'atteint pas $0^{mm},3$. Il faut remarquer que le baromètre météorologique suisse ne permet de mesurer que $0^{mm},1$.

La différence des résultats entre les observations directes et les indications de l'enregistreur peut être réduite dans la pratique si l'observateur fait chaque jour, comme c'est l'usage, une ou deux lectures barométriques directes, au moyen desquelles on établit la correction de l'enregistreur pour la journée.

La sensibilité de l'instrument est très grande, c'est-à-dire qu'il obéit sans retard aux variations même faibles de la pression barométrique; il suffit pour s'en convaincre de jeter un coup d'œil sur les figures 1, 2 et 3, Pl. III, qui reproduisent exactement les tracés donnés par l'instrument pendant des périodes orageuses.

La fig. 1 représente les variations de la pression barométrique pendant la nuit très orageuse du 19 au 20 août 1881. A 10 h. 25 m., une forte averse mélangée de grêle est tombée à Lausanne; d'autres averses, accompagnées de coups de tonnerre assez violents, se sont succédé jusqu'au matin. Nous n'avons malheureusement pas pu contrôler par des mesures directes la marche de l'instrument pendant cette nuit-là. L'appareil a tracé cette courbe au laboratoire, dans un bâtiment complètement inhabité et loin de tout ébranlement artificiel. Le baromètre est enfermé dans une armoire vitrée, scellée contre le mur dans une salle fermée.

La fig. 2, pl. III, représente le tracé du même instrument le 21 août, pendant qu'un orage accompagné de grêle se déchaînait, entre 2 et 3 heures, sur le district de

Morges, où il détruisait la plus grande partie de la récolte des vignes. Cette courbe présente quelque intérêt, car elle nous a permis de nous assurer par des observations directes que l'instrument obéit sans retard aux variations même très rapides de la pression.

A Lausanne une forte pluie d'orage commençait à tomber à 2 h. 20 m.; elle était bientôt accompagnée d'une chute de grêle qui dura trois minutes. Le baromètre de la station (baromètre météorologique suisse) marquait 714mm,7 à 0°, à 2 h. 20 m.; *cinq* minutes plus tard, il marquait 715mm,6 à 0°. La baisse fut moins rapide que la hausse; à 2 h. 45 m., la hauteur barométrique était 715mm,2; enfin à 3 h., 715mm,0. On voit que cette variation rapide a été exactement reproduite par l'enregistreur. L'amplification donnée par l'instrument est de 4mm pour 1mm.

Dans ce cas, comme nous l'avons souvent observé, l'augmentation de pression a *précédé* de très peu l'abondante chute de pluie et de grêle chassée par un fort coup de vent du nord-ouest.

La fig. 3, pl. III, reproduit la courbe tracée par l'enregistreur le 11 juin 1880. Les variations de la pression résultent dans ce cas d'ondées abondantes et fréquentes, séparées par des périodes pendant lesquelles le soleil brillait avec éclat. Cette courbe, tracée par un autre tube barométrique, est à l'échelle de 2mm,3 pour 1mm.

Ces exemples suffisent pour montrer que le baromètre-levier a une sensibilité suffisante pour indiquer fidèlement les variations rapides de la pression atmosphérique. Cet appareil a donc toutes les qualités spécialement requises d'un enregistreur à marche continue.

Conclusion.

En résumé, le baromètre enregistreur que nous venons de décrire présente les propriétés suivantes :

Le tube barométrique est d'une construction facile et d'un prix peu élevé.

Les variations de la pression atmosphérique se transforment immédiatement et sans aucun intermédiaire en déplacements du style inscripteur, qui forme corps avec le tube barométrique lui-même.

On peut donner à l'appareil l'amplification qu'on désire, soit en faisant varier la distance du point de suspension au centre de gravité, soit en faisant varier la longueur des bras horizontaux.

La surface de mercure en contact avec l'air est très petite, de sorte que l'altération de cette surface ne peut modifier que très peu et très lentement les indications de l'instrument.

La légèreté de l'appareil permet une suspension simple et assure à l'instrument une grande sensibilité; il se prête très bien à l'enregistrement continu et à l'étude des variations rapides de la pression atmosphérique.

De tous les baromètres-enregistreurs à mercure que nous connaissons, le baromètre-levier est celui qui peut être construit au prix le plus bas, tout en conservant une exactitude suffisante pour les besoins de la pratique.

L'ÉBOULEMENT D'ELM

PAR

M. le prof. Albert HEIM.

(EXTRAIT [1].)

I

Lorsque l'on examine depuis une sommité suffisamment élevée la disposition des montagnes dans les environs d'Elm, on remarque une ligne parfaitement tranchée qui se prolonge presque horizontalement à une grande hauteur (environ 2700 mètres) le long du Sardonastock, sous les pointes du Tschingel et le Vorab, et qui, s'inclinant vers le nord, se répète de la même manière au sommet du Hausstock et sous le groupe de Karpf. Au-dessous de cette ligne sont des conglomérats quartzifères verts ou rouges, tantôt schisteux et tantôt divisés en couches plus massives. Ces roches, appelées sernifite par le professeur Oswald Heer, en raison de leur présence dans le bassin du Sernf, ou désignées par Studer comme verrucano, forment des arêtes escarpées telles que le Tschingel et le Kärpfstock, etc.—par suite de leur ténacité et de leur cassure à arêtes vives. Une paroi de

[1] Der Bergsturz von Elm, den 11 September 1881, von Ernst Buss und Albert Heim. Zürich, 1881.

calcaire plus claire s'étend immédiatement au-dessous du verrucano avec une épaisseur variable ; au-dessous viennent jusque dans le fond de la vallée, avec une stratification tout à fait différente, des schistes argileux, entremêlés de couches de grès, de quartzite et de calcaire. D'une manière générale, les ardoises s'inclinent vers le sud-ouest avec une pente de 30 à 40°, mais d'innombrables plissements ramènent souvent les couches les unes par-dessus les autres.

Ce sont ces couches qui constituent les parois de la vallée du Sernf jusqu'au-dessus de la région des forêts, et c'est là que l'on exploite l'ardoise en différentes localités. Les fossiles nombreux qu'elles contiennent montrent que l'on a affaire à des dépôts marins de l'époque éocène. Les mêmes formations se prolongent sous le groupe de Kärpf à travers le Linththal, à travers le Schæchenthal et plus loin vers l'ouest ; à l'est nous les trouvons dans le Weistannenthal, le Kalfeusenthal et dans la gorge de la Tamina.

Cette structure des environs d'Elm est des plus remarquables ; le calcaire et la sernifite qui forment ici les sommets des montagnes sont des couches anciennes de l'écorce terrestre et gisaient primitivement bien plus bas, tandis que les formations éocènes qui sont maintenant recouvertes par le verrucano et le calcaire, étaient primitivement placées au-dessus. Ce renversement de la stratification peut se poursuivre depuis le Wallensee jusque dans le Vorder Rhein, et depuis la Tamina jusqu'au Clausenpass. Il résulte de deux grands plissements dont l'un au nord, a poussé vers le sud le verrucano du Wallensee, tandis que le second ramenait par-dessus le verrucano de du Vorderrhein. Les roches éocè-

nes qui occupent la zone intermédiaire, pressées entre les masses de verrucano, forment de nombreux plis plus étroits et à peu près parallèles [1].

Le domaine de l'éboulement d'Elm est tout entier dans les roches éocènes, le verrucano et le calcaire n'y sont pas intéressés.

Le Sernfthal, au-dessus d'Elm, est dirigé OSO-ENE et se trouve ainsi parallèle à la longueur des Alpes. Les couches s'étendent dans une direction parallèle, s'inclinant du nord au sud, et plongent rapidement dans la montagne sur la pente sud de la vallée, sous la Tschingelalp et le Falzüber.

La carte ci-jointe (Pl. IV) montre la condition topographique du Tschingelwald, au sud d'Elm, dans lequel l'éboulement s'est produit.

A la partie supérieure du Tschingelwald, les ardoises plongent dans la montagne avec une inclinaison de 30 à 60 degrés. A la partie inférieure, elles sont beaucoup plus horizontales. Un sentier en zigzag conduisait en deux heures de marche depuis Elm (982^{m}) au Stæfeli sur la Tschingelalp (1642^{m}), à travers la forêt maintenant disparue, qui était formée de sapins âgés de 100 à 150 ans.

II

Dans la seconde moitié du siècle dernier, probablement vers 1760, eut lieu un petit éboulement de rochers au-

[1] Voir là-dessus « Le canton de Glaris, » par le docteur Oswald Heer et J.-J. Blumer-Heer, 1846; Mémoire sur la Géologie des Alpes, par Arnold Escher de la Linth, et « Le monde primitif de la Suisse, » d'Oswald Heer; Recherches sur le mécanisme de la formation des montagnes, Bâle 1878, vol. Ier; exemplaire à part : « Le double plissement du Glaris, » par Albert Heim.

dessus du Tschingelboden; les débris tombèrent dans ce que l'on appelle les Märchtligüter, et restèrent là immédiatement au pied de la pente; par la suite, la petite lacune qui avait été produite dans la forêt par cet éboulement, devint un couloir permanent, le Mooseroos ou Stöckeroos (*roos* dans le dialecte glaronnais signifie couloir), qui descend jusqu'au bord du Sernf, dans la direction de l'église d'Elm.

A la suite de ce petit éboulement, on craignit, paraît-il, des mouvements analogues dans la partie de la forêt la plus rapprochée du Tschingelbach, à ce que l'on appelle l'*épaule*, mais ces craintes ne se réalisèrent pas, et ce n'est qu'en 1856 que le chasseur de chamois Henri Elmer aperçut de ce côté quelques fentes et quelques affaissements. Ceux-ci d'ailleurs n'augmentèrent pas depuis lors, et n'ont pas même été modifiés pendant la grande catastrophe du 11 septembre 1881, où la déchirure a eu lieu plus en avant.

Les gisements d'ardoises du Tschingelwald (Plattenberg), situés un peu au-dessous de la moitié de la hauteur d'Unterthal au Stäfeli étaient déjà connus vers 1850. La Compagnie des ardoises suisses qui exploitait alors ce qu'on appelle le nouveau Plattenberg d'Engi, les loua en 1861 pour une période de 20 ans, moyennant un loyer annuel de 200 fr.; mais la concession fut résiliée déjà en 1863 avant que l'on eût commencé l'exploitation.

La carrière fut ensuite louée à quelques habitants de Matt qui l'exploitèrent jusqu'en 1868; puis elle passa aux mains de la commune d'Engi qui l'afferma pour dix années en cinq portions séparées. C'est depuis lors que l'exploitation fut poussée avec une extrême activité.

L'ardoise était partout de la meilleure qualité, se fen-

dant en lames fines, polies, aussi minces que l'on voulait et également bonnes des deux côtés. La production des différentes parcelles concédées était d'ailleurs très inégale, et ces parcelles étaient en contact immédiat les unes avec les autres. Ces ardoises se vendaient facilement et à de bons prix à l'étranger, et les concessionnaires se hâtaient naturellement de profiter du temps que leur donnait leur bail. Le nombre des ouvriers devint considérable, et des centaines de mille francs furent certainement gagnées en journées de travail pendant cette période.

A la fin de l'année 1878, comme le bail était terminé, la commune d'Elm reprit l'exploitation à son compte; mais les difficultés et les dangers dont nous allons nous occuper tout à l'heure augmentaient tous les jours; le prix notablement plus bas de la marchandise et les nouveaux droits à l'étranger rendirent la situation commerciale beaucoup plus mauvaise; les bons travailleurs qui étaient presque tous en même temps cultivateurs, préférèrent consacrer les beaux jours à cette dernière vocation, tandis que par le mauvais temps et en hiver il y avait trop de monde à la carrière; enfin beaucoup d'ouvriers qui faisaient maintenant valoir leurs droits au travail dans l'ardoisière communale, manquaient des capacités et de l'habitude nécessaires. Il en résulta que l'ardoisière communale d'Elm profita peut-être à un certain nombre d'habitants, mais que la commune y perdit plutôt.

L'ardoisière à Elm a toujours été exploitée à ciel ouvert comme une carrière ordinaire; dans l'ardoisière beaucoup plus ancienne d'Engi, une pente presque aussi rapide a été minée depuis bien des années, et même

depuis des siècles, sans que jusqu'à présent il se soit produit de grands éboulements [1].

D'après ce précédent, les habitants d'Elm ne pouvaient s'attendre à des effondrements dangereux dans leur carrière. Mais au-dessus de l'exploitation étaient des ardoises de mauvaise qualité, présentant une stratification différente, une plus grande tendance qu'à Engi à se fendre perpendiculairement ; l'effet de ces éléments défavorables et spéciaux au Tschingelwald ne pouvait guère se prévoir d'une manière suffisante. L'exploitation souterraine, en laissant des piliers et en remplissant complètement et constamment par les débris les vides formés, aurait été la seule méthode sûre : dans une paroi aussi rapide, et immédiatement au-dessus de localités habitées, l'exploitation à ciel ouvert est inadmissible, car la nature finit toujours par rétablir la pente naturelle, et l'éboulement se produit.

Pendant les 10 années de la concession (1868-1878). les carrières d'Elm avaient acquis presque exactement 150 m. de long. Au milieu descendait une petite ravine. En 1871 (ou 1872 ?), une avalanche tomba par là et ensevelit 4 ouvriers, dont deux ne purent être sauvés. On arrêta ces avalanches en plantant des pieux au-dessus de la carrière jusqu'au point de rassemblement des neiges. — En 1879, la carrière fut encore poussée de 30 m

[1] Déjà du temps des Romains, on exploitait probablement des ardoises à cet endroit; en 1544 et en 1565, la production avait, paraît-il, déjà une certaine importance ; en 1680, les carrières d'Engi sont désignées comme célèbres; l'exploitation prit un nouvel élan en 1823, après la construction de la route qui conduit de Schwanden dans le Sernfthal. Voir pour l'histoire détaillée de ces carrières le livre de Heer et Blumer « le Canton de Glaris, » 1846, p. 441 à 445.

plus à l'est, ce qui lui donna une longueur de 180 m. [1]

On remarquait depuis plusieurs années que les mauvaises ardoises au-dessus de la carrière se déplaçaient en avant; les excavations ne se maintenaient jamais longtemps. Souvent les parties surplombantes s'écroulaient d'elles-mêmes; d'autres fois on devait les abattre. Les ouvriers observaient souvent dans les parties les plus profondes de la carrière des mouvements et comme un effondrement lent de la montagne; ils mettaient des pierres dans les crevasses, qui s'étaient formées souvent en une nuit; parfois elles restaient quelques jours sans changement, puis elles s'élargissaient de nouveau, et l'on pouvait y enfoncer des pierres deux fois plus grosses. Les éboulements augmentaient d'année en année. Souvent des ouvriers étaient blessés ou tués. Mais on creusait toujours plus loin et on continuait à travailler de la même manière. Certains ouvriers mettaient leur gloire à être imprudents. On faisait journellement sauter des mines de poudre et de dynamite poussées quelquefois jusqu'à cinq pieds de profondeur dans la montagne.

En 1876, il se forma dans le rocher, à une certaine hauteur, une fente particulièrement visible qui garda pendant plusieurs années une ouverture d'environ 1 m. et demi. Les faucheurs au Stäfeli sentaient depuis longtemps un ébranlement particulier du sol et des arbres quand on faisait sauter des mines dans l'ardoisière. Le désagrègement de la roche s'étendait lentement, toujours plus haut.

Dans les derniers temps, la carrière s'enfonçait au dessous du Plattenbergkopf jusqu'à environ 65 m. de la

[1] Je dois ces indications précises à M. G. Rhyner, maître de poste à Elm.

surface primitive. Des rangées de maisons auraient pu s'abriter au dessous des roches qui surplombaient, les débris que l'on aurait dû employer à combler les vides étaient toujours rejetés en dehors.

En 1879, les faucheurs remarquèrent un agrandissement lent, mais continuel, des anciennes crevasses au haut du Tschingelwald.

Au printemps de 1881, la fente principale avait déjà atteint la petite ravine indiquée plus haut. Cette ravine amenait un peu d'eau dans la carrière, mais vers le mois de mai de cette année, elle fut coupée par la grande crevasse et l'eau disparut, pour former une nouvelle source, environ 40 m. au-dessous de l'exploitation.

A la fin d'août, les faucheurs annoncèrent que la grande crevasse s'était étendue depuis le Gelbkopf, derrière le Plattenbergkopf, jusqu'au Risikopf (c'est-à-dire jusqu'à la Mooseroos formée en 1760), qu'elle avait déjà 2 à 3 mètres de large et que le terrain au-dessous était descendu de 4 à 5 mètres.

Cette fente séparait ainsi et entourait complètement le domaine de l'éboulement; elle coïncide presque exactement avec ce qui en forme aujourd'hui la limite supérieure, à l'exception de Risikopf qui est encore debout en avant de cette ligne. Tout le monde était convaincu que la montagne devait s'écrouler, mais on ignorait quand et comment. Ici comme à Goldau, et comme à Plurs, on a vu venir la catastrophe; ici comme là-bas on songea trop tard à s'enfuir.

Les pluies extraordinaires de la fin du mois d'août et du commencement de septembre aggravèrent encore la situation; il est tombé d'après les observations de M. Wyss, instituteur à Elm :

25 août 1881	42,7	millim.	de pluie
27	0,4	»	»
28	67,8	»	»
29	46,9	»	»
1er septembre	26,0	»	»
2	41,5	»	»
3	17,3	»	»
4	4,4	»	»
5	1,0	»	»
7	28,2	»	»
8	4,9	»	»
9	8,4	»	»
10	6,7	»	»

Le mouvement allait toujours en augmentant. Le 7 septembre de grosses masses de pierres tombent fréquemment du Gelbkopf à la partie est du bord supérieur de l'éboulement; le même jour une députation du conseil communal vint examiner les lieux.

Le jeudi 8, à 5 heures du soir, il y eut dans un coin de l'ardoisière un fort effondrement auquel les ouvriers purent à peine échapper; on entendait des craquements dans l'intérieur de la montagne, les travaux furent arrêtés et les instruments transportés dans les magasins, à Unterthal, où l'on pensait qu'ils seraient en sûreté ; les ouvriers ne retournèrent plus au Plattenberg. Le conseil communal avertit la police cantonale et demanda une expertise. En conséquence, le samedi 10 septembre, les forestiers Seeli et Marti, ainsi que quelques membres du conseil communal, allèrent examiner la crevasse.

Ils la trouvèrent complètement sèche, à l'exception du petit ruisseau dont nous avons parlé, qui s'y perdait. La plupart des arbres étaient déplacés et bousculés, quel

ques-uns même avaient leurs racines en partie sorties de terre. Plus bas la pente ne présentait pas grands changements, mais il tombait constamment des pierres.

Fait caractéristique de l'état d'esprit des habitants d'Elm à ce moment : comme le forestier cantonal, qui devinait la cause du mal, informait le président de la commune qu'il faudrait interrompre les travaux à l'ardoisière au moins jusqu'au printemps, celui-ci fut fort étonné et insista sur les inconvénients d'un si long chômage.

On prévoyait sans doute un éboulement prochain, mais on ne pouvait prévoir que les proportions en seraient aussi gigantesques, ni surtout que les débris ne s'arrêteraient pas au pied de la pente.

Le samedi 10 et le dimanche matin, de grosses pierres descendirent à des intervalles d'un quart d'heure ou d'une demi-heure à peine en soulevant des nuages de poussière. Le dimanche 11 septembre entre 5 heures et 11 heures du matin, et à 1 heure de l'après-midi, il se produisit des éboulements plus forts dont on entendit le bruit pendant le service dans l'église d'Elm; deux petits blocs partis du milieu de la pente tombèrent vers 11 $^1/_2$ heures, prouvant qu'il ne s'agissait pas seulement d'un mouvement dans la partie supérieure, mais que la pente elle-même s'effondrait. L'après-midi on entendit souvent des bruits dans la montagne.

D'après le récit de M. l'instituteur Wyss, le premier grand éboulement eut lieu exactement le dimanche 11 septembre à 5 h. 15 de l'après-midi: les masses de rochers se précipitèrent dans la vallée avec la rapidité de la foudre, elles couvrirent la carrière, les magasins de la commune remplis d'ardoises et d'outils, le terrain de Allmeindli avec l'auberge de Martinsloch dont les

habitants s'étaient enfuis deux jours auparavant. Les ravines du Tschingelbach et du Raminbach furent aussi comblées, les habitants d'Unterthal s'enfuirent sur les hauteurs d'Alpegli et de Jägliweid, au-dessous du Duniberg, où ils se crurent en sûreté : quelques hommes d'Elm se précipitèrent vers Unterthal pour aider au sauvetage.

Le deuxième éboulement, encore plus considérable, eut lieu 17 minutes plus tard, à 5 h. 32 m.; il s'élança par-dessus le premier, ensevelissant plusieurs propriétés à Unterthal.

Enfin, au bout de 4 minutes vint le troisième éboulement principal; l'énorme masse s'effondra par en bas avec un épouvantable craquement. M. Wyss sortit en hâte de sa maison et n'avait pas fait plus de vingt pas qu'il entendit derrière lui l'écrasement des maisons à Müsli[1].

III

L'éboulement d'Elm a consisté en une chute de rochers résultant de fentes perpendiculaires à la stratification et parallèles à la pente.

Au bord de la déchirure, l'ardoise est couverte d'une couche de terre rougeâtre de 1 à 3 mètres au plus; ce terrain n'a donc joué qu'un rôle insignifiant en comparaison de la masse de rochers qui s'est précipitée. Le domaine de l'éboulement ne contenait qu'une quantité d'eau presque nulle.

Un énorme nuage de poussière provenant du choc des rochers presque secs couvrit immédiatement tous les envi-

[1] D'après mes essais, il faut, pour sortir d'une maison et faire encore vingt pas, 10 à 25 secondes au plus.

rons et s'étendit jusqu'à Matt, bien qu'il n'y eût presque point de vent. Le bruit de l'éboulement a été entendu fortement à Matt et à Engi, mais on ne s'en est pas aperçu à Schwanden qui est situé beaucoup plus bas et qui est caché derrière des montagnes.

Il semble que la masse écroulée devait s'arrêter sur le sol horizontal au pied de la pente. Mais c'est là le fait le plus extraordinaire dans la catastrophe que nous décrivons, cette masse se précipita d'abord contre le Duniberg qui la détourna de sa direction primitive, et la rejeta dans la direction de la vallée où elle glissa sur près de 1500 mètres sur un sol presque horizontal. Ce fait sans exemple ne pouvait être prévu; beaucoup des victimes de la catastrophe ont été subitement enlevées alors que, ne se doutant pas du danger qu'elles couraient, elles regardaient de loin la chute de la montagne.

Comme dans tous les grands éboulements l'énorme avalanche a comprimé l'air devant elle et l'a forcé de s'échapper en violents tourbillons. On peut facilement constater que cette poussée de l'air ne s'est fait sentir fortement qu'en avant des rochers, et a été insignifiante sur les côtés. Elle a été ensuite plus forte près de la pente, à Unterthal, que plus loin à Müsli.

A Unterthal, quelques maisons entières furent d'abord lancées au nord vers le Düniberg, à quelque 100 mètres de leur position primitive, puis recouvertes en partie par des blocs de rochers. On a trouvé sur le Düniberg des vêtements, des livres, des cahiers d'école, un fourneau, des toits, des escaliers, etc., qui appartenaient à des maisons situées 100^m plus bas dans la vallée. A la grande étable du Düniberg, les murailles et une partie de la

poutraison sont restés debout, tandis que la toiture a été poussée de quelques mètres vers le nord. Les maisons les plus solides du Müsli sont ensevelies, mais leurs toitures et les constructions plus légères ont été emportées au midi, direction du courant en cet endroit, jusqu'au bord de l'éboulement.

Plusieurs témoins ont vu également les hommes, les arbres, les toits tourbillonner en l'air avant l'arrivée de l'avalanche, et disparaître ensuite ensevelis par les débris. Quelques-uns ont été sauvés par ce tourbillon qui les a rejetés en dehors du chemin de l'éboulement. Les maisons complètement ensevelies ont dû être d'abord arrachées par le courant d'air.

Des phénomènes analogues ont accompagné l'éboulement de Goldau.

Tandis que l'effet de l'air a été très considérable à la tête de l'éboulement, particulièrement à Unterthal, au Düniberg et aussi à Müsli, nous n'observons rien de semblable sur les parties latérales. La maison de Gehren est restée intacte tout près du bord. Les maisons de Müsli qui n'ont pas été atteintes par les débris, n'ont pas souffert du courant d'air ; les maisons d'Elm les plus rapprochées du chemin parcouru par l'avalanche sont intactes. Il ne manque pas une ardoise aux toits. Au bord de l'éboulement, plusieurs monceaux de foin ont été laissés intacts à moins de deux mètres des débris.

D'après des rapports concordants, les rochers se sont précipités d'abord suivant la pente jusqu'à l'ardoisière. Immédiatement au-dessous, tombant sur une petite terrasse, ils ont été rejetés horizontalement. Les parties postérieures de l'éboulement pressant les premières, les

firent même rebondir en l'air; on aperçut au-dessous de l'avalanche des maisons et des arbres. Un fait analogue s'est passé à Goldau. L'avalanche n'atteignit le sol que dans la partie nord d'Unterthal. La tête se précipita contre le Düniberg, fut en partie divisée par lui, et rejetée dans le sens de la vallée par les masses qui la suivaient. Elle gît maintenant en partie au Düniberg et surtout au bas de l'éboulement, près de Müsli; le reste forme l'énorme amoncellement sur Unterthal. On a retrouvé en avant, près de Müsli, des fragments de toiture et des papiers que l'on a reconnu provenir de la maison la plus basse d'Unterthal, et sur le Düniberg, des ardoises du Plattenberg. A Unterthal, les hommes, les maisons, les arbres, le sol même, ont été emportés. Des fouilles n'amèneraient rien au jour, et il est probable que les débris broyés sont ensevelis près de Müsli.

Les sapins des parties supérieures de la forêt sont tombés les derniers et gisent sur les plus hauts monceaux au-dessus d'Unterthal.

Le mouvement de ces masses sèches sur plus de 1400 mètres de sol horizontal, nous paraît à tous également incroyable. Il n'a été rendu possible que parce que, animées d'une force vive énorme, elles tombaient sur la terre végétale des prairies et des champs entre Unterthal, Müsli et Eschen, amollie et rendue glissante par des pluies prolongées.

Des témoins oculaires affirment qu'à Müsli elles n'arrivèrent pas en roulant, mais en glissant comme l'éclair.

Un autre phénomène remarquable qui s'explique par ce mouvement de glissement, c'est que l'éboulement forme une masse compacte, à bords parfaitement définis,

comme certaines grandes avalanches ou comme un torrent de lave. Nous ne trouvons que de la poussière immédiatement à côté d'un amoncellement de 5 ou de 10 mètres. Pas de pierres éparses et jetées de côté, comme cela aurait eu lieu si les blocs avaient roulé; même au Düniberg contre lequel ils ont été lancés à environ 100 mètres au-dessus d'Unterthal, les bords de la mer de débris sont parfaitement tranchés. Cette circonstance explique aussi que l'éboulement n'a point fait de blessés. Il a écrasé et couvert tout ce qui était sur son chemin, et n'a rien touché en dehors. Le seul endroit où il y ait eu quelque dispersion de débris, c'est la partie ouest de la pente, où un petit bras s'est détaché du courant, épargnant une étable qui est restée entre deux.

Le sol sur lequel l'éboulement a passé n'a, depuis les magasins de la carrière jusqu'à Schwendi que 3 à 3 $^1/_2$ $^0/_0$ de pente. L'éboulement a sur sa ligne médiane 1400 à 1450 mètres de longueur dans sa partie horizontale. Entre Unterthal et Elm il a 400 mètres, de Müsli à Eschen 500 mètres de largeur. Sa surface est d'environ 580,000 mètres carrés.

Depuis la déchirure supérieure de la montagne jusqu'à l'extrémité la plus basse du monceau de débris, les rochers ont parcouru un espace de 2300 à 2400 mètres en deux minutes environ, ce qui suppose une vitesse moyenne de 20 mètres par seconde. Dans les moments d'extrême excitation et d'angoisse, les secondes semblent souvent être des minutes, et les minutes des heures; et je suis convaincu que la masse principale a parcouru ce chemin en moins de deux minutes. Si nous admettons les données de M. Wyss, que depuis l'instant où l'on aperçut le grand écroulement au haut des rochers, on n'eut

que le temps de sortir des maisons et de courir une vingtaine de pas, ce qui exige 10 à 30 secondes au plus, nous obtenons une vitesse moyenne d'environ 120 mètres par seconde.

La structure de la masse éboulée est la conséquence de son mode de mouvement. Ce n'est pas rien que sur les bords, mais aussi dans toute sa forme et sa disposition qu'elle rappelle un torrent de lave; il est très remarquable qu'elle ait pris cet aspect par un mouvement de quelques secondes. C'est dans son milieu, et surtout en haut vers Unterthal et du côté du Düniberg que l'amoncellement est le plus considérable. Une mesure n'est pas possible, mais l'épaisseur doit être d'environ 40 mètres.

Les plus gros blocs sont entassés sans ordre, entremêlés de sapins entiers ou brisés, de troncs écrasés en faisceaux. Par-ci, par-là des amas de terre plus tendre. Au point le plus haut de l'amas nous trouvâmes une tête humaine arrachée et brisée. — Sur les côtés et plus bas dans la vallée, l'épaisseur va en diminuant, et les gros blocs deviennent plus rares. Parallèlement au bord est, sont des lignes alternativement composées de blocs et de terre brunâtre, arrachée évidemment aux champs et aux prairies au-dessous d'Unterthal, et rejetée de côté comme par un chasse-neige. Du même côté la surface de l'éboulis forme un large creux qui s'est rempli d'eau par la suite. La masse principale se compose de blocs d'ardoises couleur de graphite, parmi lesquels se trouvent en certains endroits des éminences extraordinaires, souvent aiguës et coniques, de 1 à 3 mètres de haut, composées de terre,

d'ardoises et de petites pierres. Nous n'avons pu nous expliquer leur formation.

Je n'ai trouvé nulle part de calcaire à nummulites. La forêt est presque complètement ensevelie sous les débris des rochers qui la portaient; on ne voit à la surface qu'un petit nombre de sapins; les uns semblent avoir été coupés d'un seul coup, les autres sont plus déchirés. Un cadavre que l'on a retrouvé avait le crâne coupé franc à mi-hauteur du front, prouvant ainsi l'énorme vitesse de l'avalanche. Au Düniberg, on trouve des blocs de 100 à 200 mètres cubes, pesant 250 à 500 tonnes, le poids de 20 à 40 locomotives. Nous y avons trouvé un rail de fer courbé, amené en droite ligne depuis l'ardoisière à 800 mètres de là. — D'énormes blocs sont répartis sans règle dans le courant principal, jusque dans sa partie inférieure, et là où l'épaisseur des débris est probablement déjà beaucoup moindre (10 à 15 m. ?), on trouve régulièrement le côté NNO des plus gros blocs couvert d'une couche de terre brune évidemment arraché par eux. Cette couche manque aux blocs qui n'ont que quelques centaines de mètres cubes. J'ai remarqué le 22 septembre et le 1er octobre que l'on ne pouvait percevoir une odeur de cadavres que là où la terre végétale a été arrachée. La manière dont cette terre a été enlevée seulement par places isolées montre bien encore le rôle qu'elle a joué en facilitant le glissement des rochers.

Les chutes continuelles de pierres ne permettent pas encore de parcourir la pente au-dessous du point d'où elles se sont détachées; peut être y aurait-il encore bien des observations intéressantes à y faire.

L'éboulement a détourné le Sernf de manière à lui faire couper deux fois la grande route, mais comme il s'est

arrêté au pied de la pente près de Müsli, l'amas des eaux que l'on craignait ne s'est heureusement pas produit; il s'est formé près d'Elm deux petits lacs des deux côtés de la route et on travaille actuellement à leur procurer un écoulement en rétablissant le lit du Sernf au milieu des débris. Le Tschingel et le Raminbach sont comblés, mais leur eau se montre en partie en formant un petit lac à peu près au-dessus des magasins ensevelis de la carrière. Les premiers jours après l'éboulement la surface des décombres était partout presque sèche et couverte d'environ deux centimètres de poussière : les ruisseaux qui ont été coupés, ont fini par tremper cette surface et la pluie a lavé la poussière, de telle sorte que maintenant on pourrait croire à tort que la chute des rochers à été produite par l'action de l'eau, ce qui n'a absolument pas été le cas.

La déchirure de la montagne a eu lieu le long de la grande crevasse qui existait déjà depuis des mois, et un seul angle de rocher a subsisté en avant d'elle : le Risikopf. La paroi est de la déchirure constitue le Gelbkopf, puis vient l'enfoncement principal où était précédemment le Plattenbergkopf : au-dessus est le Risikopf et la ravine de Moose, laquelle n'a pas donné beaucoup de débris depuis. A la hauteur de l'ancienne ardoisière ou quelques mètres plus bas, on reconnaît clairement les formes de quelques rochers qui, d'après l'avis unanime des habitants, n'ont pas été changés. La végétation a, du reste, été complètement enlevée.

Depuis la carrière jusqu'au Tschingelbach qui baigne immédiatement le pied de la pente, il n'y a point eu d'arrachement; le sol est simplement râclé et couvert d'une mince couche de blocs. La plus grande partie

des blocs qui se précipitaient a sauté par-dessus. La déchirure entière a environ 450 à 500 mètres de large, et l'enfoncement qui a fourni les masses principales a 320 mètres. Le côté ouest du Risikopf et la partie supérieure de la ravine n'ont guère fourni de matériaux; la hauteur de la déchirure est d'au moins 250 mètres et sa profondeur vers le milieu est de 100 mètres. On peut en conclure que les rochers qui sont tombés de l'enfoncement principal mesuraient environ 8 millions de mètres cubes auxquels on doit joindre encore l'éboulement plus petit à l'ouest du Risikopf. Le courant de débris peut avoir une épaisseur moyenne de 15 à 20 mètres. On peut ainsi estimer son volume entre 8,700,000 et 11,600,000 mètres cubes; en nombre rond ce serait 10 millions de mètres cubes de rochers qui ont été précipités dans la vallée. Cette masse est si considérable qu'elle suffirait à bâtir plus de 200 villes de la grandeur de Zurich. La chute de cette masse énorme n'a du reste pas changé sensiblement la forme de la montagne; la déchirure du Tschingel se fait remarquer plus par sa couleur que par sa forme. La hauteur moyenne dont sont tombés les rochers est d'environ 450 mètres. En résumé nous voyons que l'éboulement d'Elm a consisté en 10 millions de mètres cubes de rochers, tombant d'une hauteur de 450 mètres sur une pente d'environ 50 degrés, rebondissant à une hauteur de 100 mètres sur le versant opposé de la vallée, puis glissant encore pendant environ 1500 mètres presque horizontalement; tout cela s'est opéré probablement en moins de 2 minutes. La surface dévastée, en y comprenant la déchirure, le chemin parcouru par les débris et les terrains qu'ils couvrent occupe environ 895,000 mètres carrés.

IV

Le 13 septembre, sur la demande du gouvernement de Glaris, de nouvelles recherches ont été entreprises relativement au danger qui peut encore exister.

A l'est du Gelbkopf les ardoises dans la forêt avaient leur position normale; il n'y avait pas de fente dans le sol, d'où l'on peut conclure que l'éboulement ne s'étendra pas plus à l'est. Au Gelbkopf, le bord de la déchirure présente encore une série de crevasses et surplombe en certains endroits; plus bas les couches ont leur position normale et paraissent solides : de ce côté il y aura encore quelques petits éboulements, mais qui ne pourront guère produire de dommages et devront s'arrêter sur les débris de l'éboulement précédent. Au-dessus de la paroi de l'enfoncement principal, aucune nouvelle crevasse ne s'est étendue dans les prairies du côté de Stäfeli, de sorte qu'il ne se produira probablement là qu'un morcellement successif des parties surplombantes. Les débris s'arrêtent sans faire de mal bien au-dessus de la vallée.

La partie dangereuse est le Risikopf; à l'ouest du côté de la ravine de Moose, il paraît peu altéré, mais à gauche il forme une arète séparée de la montagne par la grande crevasse. Les ardoises, traversées d'une foule de fentes perpendiculaires, se recourbent du côté de la vallée; c'était l'apparence du rocher de l'enfoncement principal immédiatement avant l'éboulement. Actuellement il se produit une pluie de pierres ininterrompue à l'est, dans la déchirure, et à l'ouest du côté de la ravine. Les pierres tombent en grande partie du bord supérieur

où le mouvement semble actuellement le plus considérable, mais par-ci par-là elles se séparent aussi de plus bas.

Il nous semble certain que le Risikopf s'écroulera prochainement : la seule question est de savoir comment et dans quelle direction. Nous estimons sa masse à 1/5 au plus et 1/10 au moins de l'éboulement précédent. Les débris qui tombent à l'est, vont dans la déchirure principale, et restent sur les décombres déjà accumulés; ce qui se brise à droite, va d'abord dans la partie supérieure de la ravine de Moose : celle-ci se sépare en un bras qui ramène les débris à l'est sur les décombres, et en une ravine inférieure qui, tournant plus à l'ouest, descend en droite ligne du côté du village d'Elm. Quelques pierres tombant du Risikopf passent déjà maintenant de ce côté, mais la plus grande partie va à l'est. Il nous semble probable que le Risikopf continuera à s'écrouler petit à petit en une pluie de pierres qui finira peut-être, après quelques mois, par le faire disparaître complètement; cela pourra couvrir quelques prairies, mais non pas amener de graves dévastations; il est possible au contraire que le Risikopf s'écroule tout d'un coup; dans ce cas, une masse aussi considérable ne sera pas détournée par les obstacles, et ira droit devant elle. Si l'écroulement commence du côté de l'est, la masse principale se dirigera de ce côté et sera certainement arrêtée sur les décombres de l'éboulement précédent, mais si l'écroulement commence du côté de l'ouest, alors toute la masse descendra par la ravine directement sur Elm. La première supposition est appuyée sur le fait que c'est à l'est qu'a eu lieu le grand éboulement, que c'est de ce côté que la montagne a été le plus minée par l'ardoisière, et que la

grande crevasse indique par sa position que les masses sont un peu penchées de ce côté; mais d'autre part le Risikopf paraît plus crevassé du côté de l'ouest et la partie inférieure de l'arête qui est encore solide, est dirigée de ce côté.

Il est donc impossible de décider si le Risikopf s'écroulera ou non tout d'un coup, et si sa chute aura lieu du côté de l'est ou du côté de l'ouest. S'il tombe du côté d'Elm, c'est une hauteur de chute de 450 à 620 mètres, pour une distance horizontale du village d'Elm de 1,000 mètres seulement; il n'y a aucun obstacle sur le chemin, et la pente est très accentuée jusqu'à 300 mètres de l'église. Il est certain que la conséquence serait la destruction complète d'Elm et l'obstruction du cours du Sernf.

Plus loin, du côté de l'ouest, il ne peut y avoir que quelques petits effondrements sans danger. Les rochers au-dessus de Schwendi et de Boden ont leur stratification normale et paraissent solides. Le seul point dangereux est donc le Risikopf. et le moment le plus périlleux sera celui des prochaines pluies un peu prolongées qui diminueront le frottement intérieur des rochers, un dégel, après une forte chute de neige, un tremblement de terre, et surtout le dégel du printemps. Si le Risikopf continue à se morceler petit à petit, le danger va en diminuant de jour en jour; alors il s'agira au printemps prochain d'examiner à nouveau l'état des lieux, et nous sommes d'avis qu'Elm ne doit pas être habité auparavant.

Une question qui se présente encore est la suivante : Peut-on supprimer le danger par un moyen artificiel? Souvent on peut lutter contre les mouvements du sol par un dessèchement, mais ici cela ne servirait à rien, c'est

du rocher sec qui est brisé et il n'y a presque point d'eau dans le domaine de l'éboulement. Le petit ruisseau qui tombait anciennement au milieu de l'ardoisière, coule maintenant dans la déchirure principale, où il ne peut faire aucun mal; au-dessus du Risikopf, tout est sec. D'autre part, on ne peut pas songer sérieusement à faire sauter à coups de mine le Risikopf. La chute de pierres continuelle qui a lieu naturellement, fait déjà beaucoup plus que toutes les mines que l'on pourrait creuser, et l'on ne sait pas si l'ébranlement des explosions ne pourrait pas produire l'écroulement en bloc que l'on voudrait justement éviter.

Il ne semble guère possible de canonner la base est du Risikopf, ce qui aurait les résultats les plus rapides et les meilleurs, parce que l'on ne saurait pas où placer les canons pour qu'ils pussent remplir leur but. Il n'y a donc malheureusement rien d'autre à faire que de laisser la nature suivre son chemin et d'attendre. M. le forestier Marti a été chargé de la surveillance de la montagne; il monte journellement jusqu'à un point à l'est de la ravine d'où l'on peut juger des modifications du Risikopf; s'il aperçoit un danger particulier, il pourra de là avertir les habitants de s'enfuir.

Depuis le 11 septembre, la chute progressive n'a pas cessé une seule minute, des éboulements un peu plus forts ont eu lieu le 11 septembre à 5 heures du matin, le 15 à 11 heures de la nuit, le 21 et le 1er octobre à 5 heures du matin. Tous ces éboulements, jusqu'à aujourd'hui 3 octobre, se sont toujours dirigés du côté de l'est dans la déchirure principale; il est très remarquable que le temps n'exerce qu'une très faible influence sur leur fréquence.

Il n'y a pas à songer à une nouvelle exploitation de l'ardoisière du Plattenberg; les ardoises sont trop profondément recouvertes par les débris, et pendant des années sans doute il continuera à se détacher des pierres qui en rendront l'abord impossible. Les couches ont tout du long de la pente du Tschingelwald à peu près la même disposition, et il est probable qu'on retrouvera l'ardoise exploitable plus à l'est vers Gehren au bord de la gorge de Tschingel, et plus à l'ouest vers Gschwend, dans la forêt. Malheureusement les décombres eux-mêmes, qui auraient été faciles à exploiter, ne renferment guère d'ardoises de bonne qualité. Les parties qui contiennent de la terre pourront sans doute être cultivées entre les blocs; ces rochers, résistant moins aux intempéries que la nagelfluh de l'éboulement de Goldau, finiront par se recouvrir de végétation, mais ce ne sera jamais que dans bien des années que la forêt pourra recouvrir la majeure partie du terrain dévasté.

V

La pente du Tschingelwald était très rapide, évidemment voisine de la pente maximum qu'elle pouvait supporter; cette pente a été minée par la carrière pendant 13 années, ébranlée en même temps par les coups de mines. Nous avons déjà insisté sur l'imprudence de ces méthodes d'exploitation sur des pentes pareilles. C'est sans aucun doute dans cette exploitation défectueuse que l'on doit chercher la cause de la catastrophe. La déchirure s'élève directement au-dessus de la carrière, tandis que les roches identiques à droite et à gauche, qui n'ont pas été minées par-dessous sont encore intactes. Dans tout le reste

de la forêt, qui a même structure, même nature, même pente que la partie écroulée, sur lequel les influences atmosphériques ont agi de la même manière, on ne trouve aucun mouvement et aucune fente de quelque importance.

L'éboulement s'était préparé depuis longtemps, comme le prouve la formation de la grande crevasse quelques années après le commencement de l'exploitation. Les circonstances atmosphériques n'ont pu que déterminer le moment où l'effondrement à eu lieu, l'avancer ou le retarder de quelques semaines; mais ce n'est pas elles qui l'ont causé.

Maintenant l'imprudence avec laquelle était conduite l'exploitation ne peut guère être reprochée aux habitants d'Elm. L'expérience séculaire de la vallée avait montré à l'ardoisière cantonale que l'exploitation à ciel ouvert n'offrait aucun danger; personne n'était accoutumé aux méthodes rationnelles d'exploitation souterraine, on savait seulement que ces méthodes étaient coûteuses, si coûteuses peut-être qu'il vaudrait mieux renoncer à exploiter l'ardoise que de les employer; du reste la catastrophe d'Elm est unique dans son genre, on n'aurait jamais pu prévoir quelque chose de semblable à ce qui s'est passé. Puisse ce malheur être une leçon pour les autres mines des montagnes. Sur des pentes rapides, la seule méthode sûre est de travailler sous terre, en laissant des piliers et en remplissant les vides à mesure et complètement avec des pierres; l'exploitation à ciel ouvert sans piliers et sans remplacement de matériaux peut suivant la disposition des roches augmenter dans une mesure incroyable les dangers qui résultent de la rapidité de la pente.

APPENDICE

ESSAI DE BOMBARDEMENT DU RISIKOPF[1]

Depuis le 11 septembre, il tomba constamment du Risikopf une pluie de pierres, qui permettait d'espérer que la partie menaçante de la montagne disparaîtrait ainsi petit à petit en quelques mois. Mais dans le courant d'octobre ces chutes de pierres diminuèrent, d'abord du côté de l'ouest, puis aussi à l'est, et finirent même par cesser presque complètement avant que le Risikopf eût son volume de plus d'un million de mètres cubes sensiblement diminué.

Du 10 au 16 novembre, le sol étant gelé, la grande crevasse s'ouvrit encore du côté de l'est sur une longueur d'environ 300^{m}, tandis que les fentes innombrables du Risikopf lui-même ne se modifiaient pas. D'où l'on pouvait conclure que la montagne se déplaçait en bloc et finirait nécessairement par tomber aussi en bloc et en une seule fois. Le danger qui menaçait Elm avait donc augmenté, et ce nouvel état de choses nous imposait le devoir d'essayer tous les moyens possibles d'y remédier.

Il n'y a pas à songer à faire sauter la montagne. Une mine pourrait être facilement pratiquée derrière le bord supérieur du Risikopf ou à sa partie occidentale, mais son effet serait précisément de diriger l'écroulement du côté du village.

Il n'est guère plus praticable d'enlever peu à peu les

[1] Sur notre demande, M. le prof. Heim a bien voulu nous envoyer la note complémentaire suivante, que nous traduisons *in extenso*. (*Réd.*).

parties dangereuses par des mines plus petites, ou à la main; il s'agit là de $^1/_2$ million de mètres cubes, et cela exigerait des années de travail et des frais énormes.

Le seul procédé artificiel qui semble possible avec les ressources dont nous disposons, c'est d'abattre la base sur laquelle une grande partie de la montagne s'appuie du côté de l'est. Ce n'est que là que l'on peut en travaillant sur un espace restreint, agir par l'intermédiaire de la pesanteur, sur l'ensemble des roches, et ce n'est qu'ainsi que l'on peut être sûr de donner à l'écroulement la direction voulue. Le seul but qui ne soit pas absurde est donc clairement établi : *Il faut enlever la base orientale du Risikopf.*

Mais comment? Même avec des échelles et si l'on a la chance d'échapper aux pierres qui tombent, il est très difficile et dangereux de grimper par les rochers encore solides jusqu'aux parties altérées. — Il serait possible de placer superficiellement des cartouches de dynamite dans les crevasses, mais cette opération devrait se répéter plusieurs fois, et c'est ce que personne ne veut ni ne doit oser. Il serait parfaitement impraticable de creuser le rocher à cet endroit pour y établir une mine plus puissante : les chutes de pierres qui en résulteraient emporteraient les ouvriers bien avant que l'ouvrage fût achevé. Le seul moyen serait d'attaquer le Risikopf par derrière, par un tunnel de près de 300^m de long dans lequel on placerait les mines. Mais ce travail durerait au moins 9 ou 10 mois, serait coûteux et dangereux aussi, car dans l'état de la montagne on doit craindre l'ébranlement résultant des coups de mines répétés, tandis que sans l'aide de la poudre ce boyau dans des schistes compactes serait presqu'impossible à établir. M. le colonel Locher, de Zu-

rich, qui a été consulté à cet égard, s'est prononcé dans le même sens, et après avoir examiné les lieux, a déconseillé les explosions.

Il n'y avait donc plus qu'une seule idée à examiner: est-il possible de pénétrer de loin dans la base du Risikopf au moyen de projectiles explosifs. Nous avons consulté d'abord M. l'ingénieur Bürkli de Zurich puis M. le colonel fédéral Bleuler. Accompagnés de M. le conseiller Zweifel, M. Bleuler et moi avons examiné de nouveau les lieux, et acquis la certitude qu'une entaille de 30 mètres de long sur 2 ou 3 de profondeur produirait déjà un éboulement considérable. M. Bleuler a choisi le Düniberg pour y placer un canon de 8 centimètres. Une pièce plus forte aurait été très difficile à monter sur cette pente au milieu des décombres, et n'aurait pu être établie que plus bas près de la route, ce qui aurait donné une inclinaison défavorable pour la direction de chute des projectiles. Nous avons proposé de faire *un essai*, dont les frais ne devaient pas dépasser 2,000 francs au plus.

Il se présenta d'abord une foule de difficultés; les habitants d'Elm et leurs créanciers durent, d'après le désir du gouvernement, déclarer par écrit qu'ils ne réclameraient pas pour les dommages qui pourraient être produits par des travaux de cette nature, d'autres compensations que celles qui leur reviendraient, si ces dommages se produisaient naturellement par la chute de la montagne. La commune d'Elm et le gouvernement cantonal étant d'accord sur ce point, et approuvant l'essai du bombardement, on s'est mis rapidement à l'œuvre, mais sans négliger aucune précaution.

Le brouillard et la neige ont beaucoup gêné l'opération qui devait commencer le 1er décembre. Pendant des heu-

res nous attendîmes en vain une éclaircie. Le 2 décembre on parvint à pointer la pièce. On devait tirer sous un angle de 23 à 24°, à une distance horizontale de 900 à 1000 mètres et en montant d'environ 300 mètres. — Le 2 décembre il put être tiré 40 coups, et le 3 décembre, à la nuit, le cent-soixantième obus frappa le Risikopf. — L'effet produit n'était pas ce que nous avions espéré. Les obus qui pénétraient dans les fentes produisaient seuls des trous de 50 centimètres à 1 mètre de profondeur; la plupart tombaient sur le rocher et y éclataient, presque sans y pénétrer, et par conséquent sans effet appréciable. Nous n'obtenions ainsi que des brèches irrégulières, et point d'entaille continue. Les roulements de pierres que l'on entendait de temps en temps, provenaient seulement des trous de mines isolés, et non de rochers ébranlés. Il n'y a eu aucun éboulement consécutif.

Le 4 décembre nous visitâmes la montagne pour nous rendre compte d'aussi près que possible de l'effet des projectiles, et nous pûmes nous assurer qu'il faudrait au moins 500 ou 1000 obus d'une pièce de 15 centimètres pour produire l'entaille voulue. Nous avons déjà fait remarquer les difficultés que présenterait le transport et l'établissement d'un aussi gros canon; les frais seraient très considérables, et le résultat pourrait fort bien n'être atteint que partiellement.

L'essai a donc été abandonné. Nous avons perdu la bataille que nous avions essayé de livrer aux dangers de la nature. Le seul résultat positif pour nous, pour Elm et pour le canton, c'est la conscience d'avoir fait ce qui était humainement possible pour détourner le danger.

Le mouvement du Risikopf s'est arrêté depuis lors, et ne reparaîtra sans doute pas avant le printemps. Le ser-

vice de surveillance continue régulièrement et est parfaitement conduit. D'après nos avis, la commune d'Elm a chargé M. l'ingénieur Becker d'effectuer des mesures destinées à contrôler exactement les mouvements du Risikopf.

La situation est donc provisoirement celle-ci : *Il est plus probable*, par différentes raisons, que la chute totale du Risikopf aura lieu du côté de l'est qui ne présente pas de danger, mais *ce n'est pas certain*. Puisse la nature épargner de nouveaux malheurs au village d'Elm!

RECHERCHES

SUR LES

ÉTHERS DE L'ACIDE TARTRIQUE DROIT

PAR

M. Amé PICTET

Si l'acide tartrique droit est un des acides organiques qui ont été le mieux étudiés, il n'en est pas de même de ses éthers; la littérature chimique ne fournit à leur sujet que des données incomplètes et fort peu nombreuses. Une étude détaillée de cette classe de dérivés paraissant donc devoir être intéressante, j'ai fait, à l'instigation de M. le D[r] Anschütz, privat-docent à l'Université de Bonn, des recherches sur les éthers de l'acide tartrique droit, dont j'exposerai ici les principaux résultats.

L'acide tartrique $\begin{array}{l} CHOH - COOH \\ | \\ CHOH - COOH \end{array}$, étant à la fois un acide bibasique et un alcool diacide, pourra donner lieu à un grand nombre de dérivés éthérés. En ne considérant que les éthers neutres et symétriques, c'est-à-dire ceux où les deux hydrogènes de même nature seront remplacés en même temps par les mêmes radicaux, on

pourra grouper les composés ainsi obtenus en trois classes distinctes :

1° Les éthers formés en remplaçant les hydrogènes acides par des radicaux alcooliques.

2° Ceux que l'on obtiendra en substituant au contraire aux hydrogènes alcooliques des radicaux acides.

3° Enfin, les composés qui prendront naissance par la combinaison des deux cas précédents, c'est-à-dire où les quatre hydrogènes de l'acide seront remplacés par des radicaux organiques.

Je passerai successivement en revue ces trois catégories de dérivés.

PREMIÈRE CLASSE

ÉTHERS TARTRIQUES A RADICAUX D'ALCOOLS

Différentes méthodes ont été proposées par Demondésir[1], Schiff[2], Henry[3], Landolt[4], pour la préparation du tartrate neutre d'éthyle, mais aucune d'elles ne donne un bon rendement en éther neutre et ne fournit un produit parfaitement pur. On n'arrive à un résultat satisfaisant qu'en suivant un procédé analogue à celui que Conen[5] a employé pour les éthers citriques, et qui a été publié par M. le Dr Anschütz et moi[6] il y a près de deux ans.

[1] *Comptes rendus*, XXXIII, 227.
[2] *Ann. chem. pharm.*, CXXV, 139.
[3] Ibid., CLVI, 177.
[4] Ibid., CLXXXIX, 241.
[5] *Berichte*, XII, 1653.
[6] Ibid., XIII, 1175.

Ce procédé, qui ne laisse rien à désirer sous le rapport du rendement et de la pureté du produit, s'applique à la préparation des tartrates neutres des différents radicaux alcooliques. Voici comment on doit opérer :

L'acide tartrique finement pulvérisé est mélangé dans un grand ballon avec son poids d'alcool; il s'y dissout en partie, en formant probablement un éther acide. On fait passer dans le liquide un courant d'acide chlorhydrique sec, en ayant soin de refroidir extérieurement le ballon. Quand la saturation est achevée, on laisse reposer pendant 24 heures au moins, puis on fait passer un courant d'air sec, afin de chasser à froid une partie de l'acide chlorhydrique gazeux. Le reste de l'acide chlorhydrique, l'alcool en excès et l'eau produite par l'éthérification sont ensuite éliminés en chauffant au bain-marie dans le vide. On parvient ainsi, sans beaucoup élever la température, à obtenir un résidu sirupeux composé en égales parties d'éther acide et d'éther neutre. On sépare ces deux corps en continuant la distillation dans le vide; l'éther neutre passe seul, et il suffit d'une rectification pour le rendre absolument pur.

Les éthers tartriques ainsi préparés sont les uns liquides, les autres solides. Ils sont parfaitement neutres aux réactifs colorés. Une fois purs, ils se laissent distiller à la pression ordinaire sans éprouver de décomposition; mais cela n'a plus lieu dès qu'ils sont mélangés d'une petite quantité d'acide ou d'éther acide. Ils sont extrêmement sensibles à l'influence de l'humidité; exposés à l'air, ils prennent très rapidement une réaction acide; en solution aqueuse, ils se décomposent complètement. Ils sont solubles dans l'eau, l'alcool, l'éther, le chloroforme et le benzol. Ils ne possèdent, à l'état pur, aucune odeur; leur saveur,

au moins chez les éthers méthylique et éthylique, est sucrée et rappelle celle de la glycérine.

Le *tartrate de méthyle* s'obtient sous la forme d'un liquide oléagineux, incolore, très réfringent, qui se concrète au bout d'un certain temps en une masse cristalline. A l'état liquide il possède, à 20° une densité de 1,3284. L'éther solide fond à 48°. Il bout, sous la pression ordinaire, à 280°.

Le *tartrate d'éthyle* est un liquide moins épais que l'éther méthylique, et ne se solidifiant pas encore à —18°. Sa densité, à 20°, est 1,2059, son point d'ébullition 280°.

Le *tartrate de propyle normal* et celui d'*isopropyle* ne se distinguent du précédent que par une plus grande fluidité. Le premier a une densité de 1,1344 à 20° et distille à 303°. Le poids spécifique du second est de 1,1300 et son point d'ébullition à 275°.

Le *tartrate d'isobutyle* est solide; il fond à 68° et bout à 323—325°. Il est moins soluble que les composés précédents dans les principaux dissolvants.

Un dernier éther, qui ne dérive pas de l'acide tartrique droit, mais de son isomère, l'acide racémique, et qui a encore été préparé par le même procédé, est le *racémate de méthyle.* Il affecte la forme de petits cristaux transparents du système clinorhombique. Cet éther fond à 85° et entre en ébullition à 282°; ses solutions sont inactives à la lumière polarisée.

DEUXIÈME CLASSE

ÉTHERS TARTRIQUES A RADICAUX D'ACIDES

Le chlorure d'acétyle (3 molécules) donne avec l'acide

tartrique (1 molécule) une réaction très vive; il se dégage des torrents d'acide chlorhydrique, et le produit de l'opération se prend en une masse solide, qui, par cristallisation dans le benzol, fournit de belles aiguilles d'*Anhydride diacétyltartrique.*

Ce corps, déjà décrit par Ballik[1], Pilz[2] et Perkin[3], attire rapidement l'humidité de l'air et s'y liquéfie en se transformant en acide. Il se dissout pourtant très lentement dans l'eau froide; si l'on chauffe, il y a décomposition en acides tartrique et acétique. Peu soluble dans le benzol et le chloroforme froids, il l'est davantage dans l'acétone, l'éther et l'alcool. Son point de fusion est difficile à obtenir parfaitement constant; je l'ai observé entre 125° et 129°, (Perkin donne 126—127°, Pilz 135°). Il sublime en belles aiguilles dans un courant d'air sec à 100°. Il n'est pas distillable sans décomposition.

L'*acide diacétyltartrique* s'obtient le plus facilement en laissant l'anhydride se liquéfier à l'air humide. C'est un liquide sirupeux, incolore et transparent, qui durcit sans cristalliser au dessous de 0°. Il est très peu soluble dans le benzol et le chloroforme, et se dissout au contraire abondamment dans l'eau et l'alcool.

En remplaçant dans l'opération ci-dessus le chlorure d'acétyle par le chlorure de benzoyle, on obtient, par une réaction semblable, l'*anhydride dibenzoyltartrique,* sous forme de petites aiguilles blanches, très hygroscopiques et difficiles à conserver pures. Ce corps fond à 174°, et se décompose si on le chauffe au-dessus de cette température, en donnant de l'acide benzoïque qui sublime. Il

[1] *Wiener Acad.*, *Berichte*, XXIX, 26.
[2] Ibid. XLIV, 47.
[3] *Ann. chem. pharm.*, Suppl. V, 274.

est peu soluble dans le benzol et le chloroforme, encore moins dans l'éther; malgré son hygroscopicité il est complètement insoluble dans l'eau froide; il se dissout dans l'eau chaude en se transformant en acide.

L'*acide dibenzoyltartrique*, ainsi préparé, cristallise en aiguilles blanches groupées en étoiles et con tenant une molécule d'eau de cristallisation. Il est très soluble dans l'alcool, un peu moins dans le chloroforme, et à peu près insoluble dans l'eau froide et le benzol. Chauffé, il fond à 90°, et ne recristallise plus par le refroidissement, mais reste à l'état de sirop. Chauffé davantage, il perd de l'eau et finit par se convertir de nouveau en une masse cristalline blanche, fusible vers 132°, qui représente sans doute l'acide anhydre.

TROISIÈME CLASSE

ÉTHERS TARTRIQUES A RADICAUX D'ALCOOLS ET A RADICAUX D'ACIDES

Ils se forment, soit par l'action du chlorure d'acétyle ou de benzoyle sur les éthers de la première classe, soit par l'éthérification de ceux de la deuxième classe au moyen de l'alcool et de l'acide chlorhydrique. J'ai obtenu, par l'un ou l'autre de ces procédés, les éthers suivants :

Diacétyltartrate de méthyle. Cristaux incolores du système clinorhombique, fusibles à 103°.

Diacétyltartrate d'éthyle. Cristaux très volumineux, appartenant au même système. Point de fusion 66°,5. Point d'ébullition 291—292°.

Diacétyltartrate de propyle. Liquide oléagineux incolore, qui se solidifie dans un mélange réfrigérant, et forme alors des cristaux transparents qui fondent à 31° et distillent sans altération a 313°.

Diacétyltartrate d'isobutyle. Huile incolore, ne se solidifiant pas à 0° et bouillant à 322—324°.

Dibenzoyltartrate de méthyle. Petites aiguilles insolubles dans l'eau, très peu solubles dans l'alcool froid. Point de fusion 132°.

Dibenzoyltartrates d'éthyle et *d'isobutyle.* Liquides insolubles dans l'eau, ne cristallisant pas à —17°, et ne pouvant être distillés, même dans le vide, sans subir une décomposition complète.

PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES ÉTHERS TARTRIQUES

Les éthers dont je viens de donner une rapide description, dérivant de l'acide tartrique droit par des réactions s'effectuant à basse température, devaient avoir conservé la propriété de cet acide de dévier le plan de la lumière polarisée. Ce pouvoir rotatoire devait en outre avoir subi certaines modifications en rapport avec les changements apportés dans la constitution de la molécule. L'étude des propriétés optiques de ces corps présentait donc un grand intérêt.

Les phénomènes de polarisation rotatoire chez les substances organiques n'ont en effet pas encore reçu leur explication. Les nombreux savants qui se sont occupés de cette intéressante propriété des composés du carbone ont dû se borner jusqu'à présent à la constater et à la mesurer, sans parvenir à la rattacher à la constitution chimique.

La seule hypothèse qui aît été émise sur cette question est celle de Le Bel et de van t'Hoff, qui fait résulter l'activité optique, chez les substances organiques, de l'existence d'un *carbone asymétrique*, c'est-à-dire d'un atome de carbone dont les quatre affinités sont saturées par quatre atomes ou groupes d'atomes différents. Il est de fait que tous les composés actifs dont la structure moléculaire est connue présentent cet arrangement particulier des atomes. La réciproque n'est cependant pas vraie; il existe beaucoup de corps inactifs qui possèdent aussi le carbone asymétrique. Cette condition n'est donc pas la seule qui détermine l'activité optique.

Il est hors de doute cependant qu'il doit exister une relation intime entre le pouvoir rotatoire et la constitution de la molécule; on voit en effet les corps qui possèdent cette propriété la transmettre à leurs dérivés, si la réaction qui donne naissance à ceux-ci n'a pas attaqué trop profondément la molécule. Les modifications que subit cette dernière entraînent alors toujours des modifications, soit dans l'intensité, soit dans le sens du pouvoir rotatoire; mais bien que les observations dans ce domaine soient très nombreuses, aucune régularité n'a pu être constatée, aucune loi n'a jamais pu être établie qui donnât le pourquoi de ces modifications.

Je crois qu'une loi de cette nature ne peut sortir que d'observations polarimétriques aussi nombreuses que possible, faites sur des séries de dérivés d'un même corps actif. Ce n'est que lorsqu'on aura déterminé, chez plusieurs acides actifs par exemple, les changements qu'apporte dans leur pouvoir rotatoire leur transformation en sels, en éthers, en anhydrides, en amides, etc., et qu'on aura comparé tous ces résultats, que l'on pourra espérer

trouver une nouvelle relation entre les propriétés optiques et la constitution chimique.

La série des éthers tartriques se prêtant à une étude de ce genre, j'ai soumis tous ces composés à un examen polarimétrique.

L'étude optique des éthers de la première classe était rendue d'autant plus facile, et en même temps plus rigoureuse, que ces éthers, ou du moins quatre d'entre eux, étaient liquides, et pouvaient par conséquent être introduits tels quels dans le tube du polarimètre, et être soumis à l'observation à l'état pur, et sans le secours d'un dissolvant. Cet avantage était considérable; on sait, en effet, que le pouvoir rotatoire des corps actifs en solution est influencé d'une manière très sensible, tant par les proportions respectives du corps dissous et du dissolvant, que par la nature de ce dernier. On ne peut connaître le chiffre représentant le pouvoir rotatoire vrai des substances dissoutes qu'en le déduisant de formules basées sur l'observation d'un grand nombre de solutions de concentrations différentes; et la valeur que l'on obtient dans ce cas n'est jamais qu'approximative. Si, au contraire, la substance dont on veut déterminer le pouvoir rotatoire est liquide et transparente, la cause d'erreurs provenant du dissolvant est éliminée, et une simple lecture au polarimètre donne du premier coup le chiffre représentant le pouvoir rotatoire vrai de la substance.

L'instrument dont je me suis servi est un polaristrobomètre de Wild, muni d'un vernier permettant d'apprécier les minutes; dans le tableau qu'on trouvera plus loin, et qui réunit les résultats numériques de mes observations, ces fractions de degrés sont exprimées en décimales, et les chiffres que j'indique pour α représentent la moyenne de

20 ou de 25 lectures. Le zéro de l'échelle a été déterminé avant chaque série d'observations par un nombre semblable de lectures. Les densités ont été prises au moyen du pycnomètre, et toutes les pesées réduites au vide. Je me suis, du reste, constamment efforcé, pour toutes les déterminations de pouvoirs rotatoires, de suivre exactement les prescriptions données par M. Landolt dans son excellent livre : *Das optische Drehungsvermögen organischer Substanzen*.

J'ai d'abord opéré sur les quatre premiers éthers liquides, à la température de 20° ; c'est celle qui est le plus habituellement employée pour les observations polarimétriques. Afin de maintenir cette température constante, je me suis servi d'un tube de 200^{mm} entouré d'un manchon en laiton dans lequel je faisais circuler un courant d'eau. Cette eau provenait d'un réservoir où elle était maintenue à la température de 20°. Un thermomètre, placé dans le manchon, servait, du reste, de contrôle, et je ne commençais les lectures qu'après l'avoir vu rester parfaitement stationnaire pendant une demi-heure.

Dans cette première série d'expériences, faites à la température de 20°, ne pouvait pas figurer le tartrate d'isobutyle qui ne fond qu'à 68°. Pour rendre possible la comparaison de cet éther avec les autres, je devais faire une nouvelle série d'observations à une température supérieure à son point de fusion; j'y suis arrivé très facilement en faisant passer dans le manchon un courant de vapeur d'eau. Les chiffres obtenus de cette manière représentent donc les pouvoirs rotatoires des cinq éthers de la première classe à la température de 100°.

Quant aux éthers des deux autres classes, je ne disposais pas de quantités assez considérables de substance,

et ceux d'entre eux qui sont solides fondent à des températures trop élevées, pour que ce même procédé fût praticable. Je dus donc me contenter de déterminer leur pouvoir rotatoire à l'état dissous.

Les résultats auxquels je suis arrivé sont consignés dans le tableau suivant :

c. Poids en grammes de substance active contenue dans 100 cm. cubes de solution.
p. Poids en grammes de substance active contenue dans 100 grammes de solution.
d. Densité de la solution à la température t_d.
α. Déviation observée à la température t_α.
L. Longueur du tube du polarimètre, en millimètres.
$[\alpha]_D$ Pouvoir rotatoire spécifique pour le rayon D.
M. Pouvoir rotatoire moléculaire; s'obtient en multipliant le pouvoir rotatoire spécifique par le poids moléculaire de la substance, et en divisant le produit par 100.

Nº	c	p	d	t_d	α	t_α	L	$[\alpha]_D$	M
				1. Tartrate de méthyle.					
I.	—	—	1,3284	20°	+ 5,691	20°	200	+ 2,142	+ 3,813
II.	—	—	1,2500	100°	+15,000	100°	200	+ 5,996	+10,673
				2. Tartrate d'éthyle.					
I.	—	—	1,2059	20°	+18,471	20°	200	+ 7,659	+15,777
II.	—	—	1,1279	100°	+30,004	100°	200	+13,291	+27,379
				3. Tartrate de propyle normal.					
I.	—	—	1,1344	20°	+28,229	20°	200	+12,442	+29,114
II.	—	—	1,0590	100°	+36,265	100°	200	+17,110	+40,037
				4. Tartrate d'isopropyle.					
I	—	—	1,1300	20°	+33,643	20°	200	+14,886	+34,833
II.	—	—	1,0537	100°	+39,692	100°	200	+18,821	+44,041
				5. Tartrate d'isobutyle.					
I.	—	—	1,0145	100°	+40,356	100°	200	+19,874	+52,070

N°	c	p	d	t_d	α	t_α	L	$[\alpha]_D$	M
6. Anhydride diacétyltartrique.									
a. Solution dans le benzol.									
I.	2,091	—	—	—	+ 2,7	—	220	+58,69	+126,77
II.	1,045	—	—	—	+ 1,45	—	220	+63,08	+136,25
b. Solution dans l'acétone.									
I.	11,656	13,909	0,838	26°	+13,917	26°	200	+59,70	+128,95
II.	4,403	5,456	0,807	26°	+ 5,463	25°	200	+62,04	+134,01
7. Acide diacétyltartrique.									
a. Solution aqueuse.									
I.	17,947	—	—	—	— 9,1	22°	220	—23,04	— 53,91
II.	14,357	—	—	—	— 7,1	22°	220	—22,48	— 52,60
III.	11,486	—	—	—	— 5,6	22°	220	—22,16	— 51,85
IV.	9,189	—	—	—	— 4,35	22°	220	—21,50	— 50,31
V.	7,351	—	—	—	— 3,45	22°	220	—21,33	— 49,91
VI.	4,705	—	—	—	— 2,15	22°	220	—20,07	— 46,96
VII.	3,764	—	—	—	— 1,6	22°	220	—19,32	— 45,21
b. Solution dans l'alcool éthylique.									
I.	7,367	—	—	—	— 3,83	—	220	—23,63	— 55,29
II.	4,911	—	—	—	— 2,5	—	220	—23,14	— 54,15
III.	3,274	—	—	—	— 1,55	—	220	—21,52	— 50,36
c. Solution dans l'alcool méthylique ($d = 0,824$).									
I.	4,681	5,553	0,843	15°	— 2,223	15°	200	—23,74	— 55,55
8. Diacétyltartrate de méthyle.									
Solution dans l'alcool ($d = 0,826$).									
I.	3,566	4,276	0,834	18°	— 1,300	18°	200	—14,23	— 37,28
II.	3,254	3,906	0,833	—	— 0,483	15°	100	—14,29	— 37,44
9. Diacétyltartrate d'éthyle.									
Solution dans l'alcool ($d = 0,826$).									
I.	23,644	26,747	0,884	—	+ 0,482	17°	200	+ 1,02	+ 2,96
10. Diacétyltartrate de propyle.									
Solution dans l'alcool ($d = 0,826$).									
I.	7,855	9,274	0,847	15°	+ 0,553	14°	100	+ 7,04	+ 22,39
II.	3,253	3,900	0,834	15°	+ 0,467	15°	220	+ 6,52	+ 20,73
11. Diacétyltartrate d'isobutyle.									
Solution dans l'alcool ($d = 0,826$).									
I.	13,559	15,822	0,857	15°	+ 2,850	14°	200	+10,51	+ 36,36
II.	7,953	9,401	0,846	14°	+ 1,800	15°	220	+10,29	+ 35,60

N°	c	p	d	t_d	α	t_α	L	$[\alpha]_D$	M
12. Anhydride dibenzoyltartrique.									
Solution dans l'acétone.									
I.	4,644	5,691	0,816	18°	+14,603	18°	220	+142,94	+486,00
II.	1,572	1,965	0,800	18°	+ 4,953	18°	220	+143,22	+486,95
13. Acide dibenzoyltartrique.									
α. Avec son eau de cristallisation. — β. Sans eau de cristallisation.									
a. Solution dans l'alcool éthylique ($d = 0{,}818$).									
I α.	8,933	10,460	0,854	15°	— 9,907	17°	100	-110,91	—417,04
I β.	8,506	9,960	0,854	15°	— 9,907	17°	100	—116,47	-417,04
II α.	4,994	5,952	0,839	15°	—12,310	15°	220	—112,05	—421,30
II β.	4,755	5,667	0,839	15°	—12,310	15°	220	—117,68	—421,30
b. Solution dans l'alcool méthylique ($d = 0{,}824$).									
I α.	4,857	5,714	0,850	17°	—12,427	19°	220	—116,30	—437,28
I β.	4,625	5,441	0,850	17°	—12,427	19°	220	—122,14	—437,28
14. Dibenzoyltartrate de méthyle.									
a. Solution dans l'alcool ($d = 0{,}818$).									
I.	0,245	0,300	0,818	17°	— 0,473	20°	200	— 96,61	—372,91
b. Solution dans le chloroforme.									
I.	11,612	7,937	1,463	19°	—20,493	19°	200	— 88,24	—340,61
II.	8,598	5,845	1,471	18°	—15,267	19°	200	— 88,78	—342,70
15. Dibenzoyltartrate d'éthyle.									
Solution dans l'alcool ($d = 0{,}815$).									
I.	9,175	10,871	0,844	16°	— 5,000	16°	100	— 54,50	—225,63
II.	5,733	6,866	0,835	16°	— 7,280	16°	220	— 57,72	—238,96
III.	2,693	3,268	0,824	16°	— 3,556	19°	220	— 60,02	—248,48
16. Dibenzoyltartrate d'isobutyle.									
Solution dans l'alcool ($d = 0{,}818$).									
I.	14,085	16,571	0,850	22°	—13,767	22°	200	— 48,86	—229,64
II.	4,922	5,952	0,827	19°	— 4,227	19°	200	— 42,94	—201,82
III.	2,880	3,500	0,823	18°	— 2,417	19°	200	— 41,95	—197,17

Un coup d'œil jeté sur ce tableau fera tout d'abord remarquer ce fait, qu'un grand nombre des dérivés éthérés de l'acide tartrique droit sont lévogyres. Cette interversion du pouvoir rotatoire chez des corps chimiquement très semblables n'est pas sans exemples. Ainsi la mannite

est lévogyre, la nitromannite dextrogyre; l'acide camphorique, qui est dextrogyre, se transforme par perte d'eau en un anhydride qui dévie à gauche le plan de polarisation; l'alcool amylique droit donne naissance à plusieurs dérivés lévogyres, etc. La même particularité doit d'autant moins surprendre chez les éthers tartriques, qu'il résulte d'une observation de Biot[1], que l'acide tartrique droit, à l'état de pureté, c'est-à-dire fondu et coulé en plaques transparentes, est légèrement lévogyre. Biot n'a cependant pas déterminé la valeur exacte de cette déviation.

La comparaison des chiffres de ce tableau conduit à une seconde remarque, qui présente plus d'intérêt. Je la rendrai plus facile en réunissant de nouveau les chiffres d'$[\alpha]_D$ qui, pour chaque éther, se rapportent à des valeurs de c à peu près égales; il est évident que c'est dans ce cas que les pouvoirs rotatoires seront le plus comparables.

	Tartrique	Diacétyltartrique	Dibenzoyltartrique
Acide	— ?	— 23,14	— 117,68
Éther méthylique	+ 2,142	— 14,29	— 88,78
» éthylique	+ 7,659	+ 1,02	— 60,02
» propylique	+ 12,442	+ 6,52	
» isopropylique	+ 14,886		
» isobutylique	(+ 19,874)	+ 10,29	— 41,95
Anhydride		+ 62,04	+ 142,94

En considérant ce second tableau on constatera facilement les deux faits suivants :

Si l'on suit d'abord de haut en bas les trois colonnes verticales, on remarque dans chacune d'elles une augmentation constante, sinon régulière, des valeurs représentant les pouvoirs rotatoires. D'abord négatives, elles se rap-

[1] *Ann. chim. phys.* (3), XXVIII, 351.

prochent de zéro, l'atteignent à peu de chose près chez l'acétyltartrate d'éthyle, puis deviennent positives, et augmentent toujours davantage, jusqu'à atteindre, chez les anhydrides, un chiffre très élevé. Il semble résulter de cette observation, si du moins on ne l'applique qu'aux acides et aux éthers, en laissant de côté les anhydrides, qui possèdent évidemment une constitution moléculaire fort différente, que le remplacement des hydrogènes acides par des radicaux d'alcools a pour effet, chez l'acide tartrique droit, de rendre le corps plus dextrogyre, et que cette tendance s'accentue d'autant plus que ces radicaux d'alcools sont plus riches en carbone.

L'inverse s'observe si l'on considère, non plus les colonnes verticales du tableau, mais les colonnes horizontales. Ici l'on remarque au contraire que les valeurs vont diminuant de gauche à droite. Chaque composé appartenant à la série tartrique est plus dextrogyre que le composé correspondant de la série diacétyltartrique, et celui-ci l'est aussi davantage que le dérivé benzoylé; autrement dit, si dans l'acide tartrique ou dans ses éthers, on remplace les hydrogènes alcooliques par des radicaux d'acides, on diminue le pouvoir rotatoire, et cela d'une quantité d'autant plus forte que ces radicaux d'acides sont plus carbonés. Ici encore il faut faire une exception pour les anhydrides, chez lesquels c'est l'inverse qui a lieu, l'anhydride diacétyltartrique étant moins dextrogyre que l'anhydride dibenzoyltartrique. Je regrette de n'avoir pas de terme de comparaison dans la série tartrique, n'ayant pu réussir à préparer un corps qui pût être considéré comme le véritable anhydride de l'acide tartrique.

On voit enfin qu'il n'est pas possible d'introduire un élément numérique dans l'expression de ces relations

entre les pouvoirs rotatoires des éthers tartriques, les différences entre les chiffres de ce tableau ne présentant aucune constance. Celle-ci existe cependant, bien que d'une manière très grossière, plus visiblement dans la série tartrique que dans les deux autres séries; il faut en effet, chez ces dernières, tenir compte de l'influence du dissolvant et de la concentration, influence qui est sans doute très variable suivant la nature du corps dissous, et susceptible de cacher entièrement la régularité que l'on observerait peut-être en comparant les pouvoirs rotatoires vrais de ces éthers.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J.-René Benoît. Études sur l'appareil de M. Fizeau pour la mesure des dilatations. (*Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures.* Paris, Gauthier-Villars, 1881.)

On connaît le principe de la méthode de Fizeau pour la mesure des dilatations. Le corps à étudier, taillé sous la forme d'un parallélipipède à faces polies de $0^m,01$ environ de côté, est placé sous une lentille plan-convexe, supportée par trois vis qui permettent de la rapprocher ou de l'éloigner par degrés insensibles. Un rayon de lumière monochromatique vient donner des franges d'interférences dans la mince lame d'air comprise entre la surface supérieure du corps et la surface inférieure de la lentille, et le déplacement de ces franges permet de mesurer la variation d'épaisseur de la lame d'air. Cette variation est elle-même la différence entre la dilatation des vis qui supportent la lentille et la dilatation du corps lui-même; la première de ces quantités doit être déterminée pour chaque dilatomètre par des expériences préliminaires. Ce sont ces expériences que M. Benoît a exécutées sur le dilatomètre construit pour le Bureau international des poids et mesures, par M. Laurent, opticien à Paris.

L'auteur, après avoir établi les formules théoriques qui définissent la méthode de M. Fizeau, décrit l'appareil qu'il a eu entre les mains. Nous signalerons, en particulier, comme pouvant s'appliquer dans bien d'autres circonstances, les dispositions ingénieuses qu'il a employées pour donner les températures voulues au dilatomètre, et les maintenir constantes pendant un temps quelconque [1].

L'auteur examine ensuite et successivement les différents points qui se rattachent à la mesure des longueurs des vis du trépied, de l'épaisseur de l'échantillon à étudier, de l'épais-

[1] Le régulateur de M. Benoît a été décrit dans le *Journal de Physique,* VIII, 346.

seur de la lame d'air où doivent se produire les franges; à la mesure des températures dans l'appareil, à la mesure du déplacement des franges. Ce sont là autant de questions dont une analyse abrégée n'offrirait aucun intérêt; le mérite du Mémoire de M. Benoît étant précisément dans le soin et la précision extrême avec laquelle les moindres détails y sont étudiés. Aussi, nous contentons-nous de signaler ce travail comme un guide utile à consulter dans des recherches analogues. C. S.

CHIMIE.

C.-F. Rammelsberg. Handbuch der Krystallographisch-physikalischen Chemie[1]. Traité de Chimie. (Leipzig, 1881. Verlag von Wilhelm Engelmann.)

Les progrès incessants de la chimie, et les relations toujours plus intimes qui s'établissent entre cette science et la physique, rendent de plus en plus indispensable aux chimistes la connaissance exacte des propriétés physiques des corps dont ils s'occupent. Leurs formes cristallines, leurs propriétés optiques, leur cohésion et leurs changements d'état, leur chaleur spécifique, leurs propriétés électriques et magnétiques, sont autant de caractères de la plus haute importance, et dont les relations avec la constitution chimique deviennent toujours plus manifestes, tellement qu'ils servent souvent à faciliter sa détermination.

Mais, s'il est indispensable aux chimistes de les connaître, combien leur est-il difficile de parvenir à cette connaissance! L'exposition de ces propriétés physiques est en effet, ou complètement négligée dans la plupart des traités de chimie, ou indiquée seulement, et d'une manière très incomplète dans un très petit nombre d'entre eux.

Cette grave lacune avait été déjà comblée, mais en ce qui

[1] Le premier volume comprenant les corps inorganiques a seul paru. La seconde partie (combinaisons organiques) est annoncée pour le commencement de 1882.

touche seulement aux formes cristallines, par une publication antérieure de M. Rammelsberg[1].

Mais depuis cette époque les formes cristallines d'un grand nombre de corps ont été décrites, surtout dans le domaine des combinaisons organiques. Une nouvelle édition, complétée, serait devenue nécessaire. L'auteur, en l'entreprenant, s'est décidé à en élargir considérablement le cadre en joignant, à la description des formes cristallines, l'indication de toutes les propriétés physiques, densités, dilatations, températures de fusion et d'ébullition, compressibilités, solubilités, propriétés optiques, etc., en un mot, de toutes celles qui peuvent donner lieu à des mesures précises et être exprimées par des chiffres. C'est ainsi que les corps gazeux ou liquides sont passés en revue, aussi bien que les corps solides doués de formes cristallines, qui étaient seuls mentionnés dans l'ouvrage précédent. Dans le cas où l'exposition de ces propriétés deviendrait impossible par sa longueur, on trouve au moins dans ce livre l'indication précise des ouvrages ou mémoires originaux où l'on peut les retrouver.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'utilité de cette publication. Elle rendra les plus grands services à tous les chimistes, et surtout à ceux qui s'occupent de recherches sur les relations entre les propriétés physiques et la constitution chimique des corps composés. La science sera reconnaissante envers l'auteur pour le vaste travail auquel il a dû se livrer pour réunir un si grand nombre de documents épars dans une foule d'ouvrages et de mémoires qu'il n'est pas toujours facile de se procurer. C. M.

ALFRED DITTE. EXPOSÉ DE QUELQUES PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS[2]. (Paris, 1881. Dunod, éditeur.)

Presque en même temps que le traité de M. Rammelsberg,

[1] *Handbuch der Krystallographischen Chemie. Leipzig*, 1855. — *Die neuesten Forschungen im Gebiete der Kryst. Chemie.* 1857 (Supplément).

[2] Extrait de l'*Encyclopédie chimique* publiée sous la direction de M. Frémy.

dont nous venons de rendre compte dans l'article précédent, nous avons reçu un volume publié en France sur le même sujet, par M. Ditte, et dont le titre se trouve en tête de cet article.

Bien qu'ils traitent des mêmes matières, ces deux ouvrages sont conçus sur des plans tout-à-fait différents, et ne peuvent en aucune façon se remplacer, ni se comparer. Celui de M. Rammelsberg suppose la connaissance des lois générales relatives aux propriétés physiques des corps et des méthodes par lesquelles on les détermine, et énumère ces propriétés pour chacun des corps pour lesquels elles sont connues, en rapportant les mesures que l'on en a obtenues, tous les corps étant classés d'ailleurs dans un ordre systématique, comme dans un traité de chimie.

M. Ditte s'est proposé, au contraire, d'exposer ces propriétés en elles-mêmes, les procédés par lesquels on les détermine, les lois que leur étude a fait découvrir, et les relations qui ont été signalées entre quelques-unes d'entre elles et la constitution chimique des corps. Comme l'indique son titre, l'auteur n'a pas eu la prétention d'étudier dans ce livre toutes les propriétés générales des corps, ce qui l'aurait transformé en un traité de physique complet, mais seulement celles qui intéressent le plus les chimistes. C'est ainsi qu'il traite successivement de l'élasticité des gaz, des changements d'état des corps, de l'action de la chaleur et particulièrement des phénomènes de dissociation qui en résultent, de l'action de l'électricité et de la lumière comme agents de combinaison et de décomposition, de la diffusibilité et de la perméabilité de la matière, des densités et de leurs relations avec la constitution chimique, de l'affinité.

Tous les chimistes qui s'intéressent à l'étude des propriétés physiques des corps et de leurs relations avec leur composition chimique, sauront gré à l'auteur d'avoir réuni dans cet ouvrage une foule de documents importants, disséminés dans les traités de physique et dans un grand nombre de mémoires. Ils y trouveront en particulier un résumé très utile des nombreux et importants travaux publiés en France sur ces matières, et surtout de ceux accomplis dans les laboratoires de l'École normale par M. H. Sainte-Claire Deville et par ses élèves.

C. M.

W. Michler et S. Pattinson. Combinaisons du diphényle et du ditolyle. (*Berichte*, XIV, 2161. Zurich.)

M. Salathé, dans sa dissertation inaugurale (Zurich, 1879), a déjà décrit la tétraméthylbenzidine $\begin{array}{l} C_6H_4N(CH_3)_2 \\ | \\ C_6H_4N(CH_3)_2 \end{array}$ qui s'obtient en traitant la diméthylaniline par l'acide sulfurique concentré; les auteurs l'ont encore obtenue en petite quantité par l'oxydation de la diméthylaniline par le peroxyde de plomb et aussi en méthylant la benzidine; ils en ont préparé différents dérivés, la dinitrotétraméthylbenzidine fusible à 188°, la diamidotétraméthylbenzidine, fusible à 168°, est bibasique.

L'acide sulfurique agit de même sur la diéthylaniline et on obtient la tétraéthylbenzidine, aiguilles fusibles à 85°; la diméthylparatoluidine, traitée de même, donne le tétraméthyldiamidoditolyle, aiguilles fusibles à 57° $\left(C_6H_3\overset{CH_3}{N(CH_3)_2}\right)_2$.

MM. W. Michler et A. Sampaio, en traitant par l'acide sulfurique l'orthodiméthyltoluidine, ont obtenu le dérivé sulfurique $C_6H_3\left\{\begin{array}{l} N(CH_3)_2 \\ CH_3 \\ SO_3H \end{array}\right.$ prismes solubles dans l'eau, dont ils ont préparé des sels, et en outre une base formant des aiguilles fusibles à 190°, qui est un tétraméthyldiamidoditolyle. $\left(C_6H_3\left\{\begin{array}{l} N(CH_3)_2 \\ CH_3 \end{array}\right.\right)_2$

Un autre isomère, fusible à 80° et cristallisant dans l'alcool en feuilles, s'obtient soit en oxydant l'orthodiméthyltoluidine par le peroxyde de manganèse, soit en méthylant l'orthodiamiditolyl. Les dérivé bromés de l'orthodiméthyltoluidine se comportent de même vis-à-vis de l'acide sulfurique ou des oxydants.

W. Michler et H. Walder. Carbotriphénylamine et diméthylaniline. (*Berichte*, XIV, 2175. Zurich.)

Les auteurs ont obtenu cette base en traitant par l'aniline le sulfochlorure du trichlorure de méthyle $CCl_3—SO_2Cl$.

Les mêmes ont fait agir le pentachlorure de phosphore sur

la diméthylaniline et ont obtenu le tétraméthyldiamidodiphénylméthane.

En traitant l'acide diméthylaniline sulfonique par le nitrite de soude, ils ont isolé la diméthylaniline mononitrée, feuilles fusibles à 163°, et le dérivé sulfurique de cette base; enfin la monobromodiméthylaniline, traitée par l'acide sulfurique, perd son atome de brome, qui est remplacé par le groupe SO_3H.

ZOOLOGIE

August Weismann. Ueber eigenthümliche Organe, etc.— Sur des organes particuliers de l'*Eudendrium racemosum*, Cav. (*Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel*, Vol. III, 1881).

Tout en étudiant l'origine des produits sexuels chez l'*Eudendrium racemosum*, M. Weismann a trouvé des organes singuliers dont il ne naît jamais plus d'un sur les côtés de chaque calice. Ils ont à peu près l'apparence des tentacules, mais avec un calibre trois fois plus fort et égalant même, dans certains cas, celui de la tige. Ils présentent les deux couches qui constituent les parois du corps et contiennent un prolongement de sa cavité. On ne constate leur présence que sur un petit nombre d'hydrantes, à savoir environ sur un neuvième de ceux-ci. Ils sont susceptibles de mouvements, comme l'indique déjà la présence d'une couche musculaire fortement développée, et sont pourvus d'une grande abondance d'organes urticants, d'où le nom de *Cnidophores* que leur a donné M. Weismann. Ces capsules urticantes sont groupées surtout à l'extrémité du cnidophore où elles forment plusieurs couches dans les cellules de l'ectoderme. Dans la profondeur de l'entoderme se trouvent des cellules sous-épithéliales donnant naissance à des fibres musculaires circulaires qui présentent des nucléus et sur lesquelles on aperçoit par places une striation.

Les cnidophores n'apparaissent que chez les hydrantes arrivés à tout leur développement. Ils commencent à se

montrer sous la forme d'une élévation de la paroi ectodermique située sur une petite saillie annulaire qui se trouve à la partie inférieure du calice et que M. W. appelle la *paroi urticante* (Nesselwall). Ce nom lui a été donné parce que c'est la partie du calice qui contient la plus grande abondance d'organes urticants, du moins chez l'Eudendrium racemosum. En dessous de cette paroi urticante, il existe un sillon annulaire, et immédiatement sous ce sillon on voit ce que M. W. appelle l'*anneau glanduleux* (Drusenring). Dans ce point, l'ectoderme n'offre qu'une couche formée de cellules qui produisent une sécrétion visqueuse.

Si, d'une part, il est évident que les cnidophores sont des armes puissantes pour les hydraires qui les possèdent, d'autre part il est difficile, même pour un naturaliste aussi sagace que M. Weismann, de comprendre leur usage spécial, puisqu'ils ne sont l'apanage que d'une faible proportion des hydrantes d'une colonie.

Deux points à noter relativement à ces singuliers organes, c'est qu'ils ne se trouvent pas chez les autres espèces d'Eudendrium, et qu'ils occupent une position tout à fait asymétrique.

L'auteur compare les cnidophores avec certaines formations qui se rencontrent dans les Hydractinides, les Plumularides, les Milléporides, etc., et que l'on serait tenté de considérer comme étant leurs homologues. Il montre qu'ils en diffèrent complètement au point de vue morphologique et histologique, et que l'on a affaire à des organes d'une nature toute spéciale.

A. H.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1881.

Le 1er, brouillard le matin et le soir.
4, forte gelée blanche le matin et le soir.
5, forte gelée blanche le matin.
6, gelée blanche le matin.
7, forte gelée blanche le matin.
8, pluie le matin, puis brouillard.
9, léger brouillard le soir.
10, forte gelée blanche le matin, puis brouillard.
11, pluie mêlée de neige, presque tout le jour.
12, pluie mêlée de neige depuis midi.
17, gelée blanche le matin; brouillard plus tard dans la matinée.
18, pluie, fort vent du SO.
19, léger brouillard le soir.
20, fort vent du SO, pluie.
21, très fort vent du SO. dans la nuit et dans la matinée.
22, gelée blanche le matin; neige depuis 6 h. du soir.
23, neige jusqu'à midi; la hauteur de la couche tombée depuis la veille au soir est de 65^{mm}. La bise commence à souffler fortement depuis 6 h. du soir.
24, forte bise tout le jour.
25, bise moins forte que la veille.
28, 29, 30, 31, épais brouillard avec dépôt abondant de givre.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1er à 10 h. matin	737,36
6 à 10 h. matin	736,44
14 à 10 h. matin	733,69
27 à 10 h. matin	743,01

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 3 h. après midi	731,85
10 à 10 h. soir	716,89
20 à 10 h. matin	713,75
31 à 4 h. après midi	727,30

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	733,17	+ 6,43	+ 3,68	+ 1,43	+ 1,1	+ 8,4	5,79	+1,21	957	+107	810	1000	...	...	variable	0,90	9,4	+ 1,4	125,0
2	736,67	+ 9,89	+ 5,10	+ 2,98	+ 2,3	+ 8,0	5,75	+1,21	881	+ 33	710	970	...	...	N. 1	0,44	8,8	+ 1,0	123,0
3	732,59	+ 5,77	+ 3,05	+ 1,05	— 1,0	+ 6,8	4,80	+0,30	842	— 10	700	940	...	...	N. 1	0,60	8,8	+ 1,1	123,0
4	733,92	+ 7,13	+ 1,17	— 0,71	— 2,9	+ 9,0	4,26	—0,21	849	— 3	630	1000	...	...	variable	0,10	...	.....	122,2
5	735,09	+ 8,19	+ 0,47	— 1,29	— 3,9	+ 8,1	4,07	—0,36	850	— 3	630	1000	...	...	SO. 1	0,30	8,3	+ 0,8	122,5
6	735,66	+ 8,72	+ 1,95	+ 0,30	— 1,2	+ 7,2	4,24	—0,16	805	— 49	610	980	...	...	variable	0,24	8,6	+ 1,2	121,2
7	729,10	+ 2,12	+ 2,04	+ 0,50	— 2,4	+ 6,4	4,44	+0,07	816	— 38	560	950	...	...	SO. 1	0,84	8,3	+ 1,0	119,7
8	727,03	+ 0,01	+ 3,63	+ 2,20	+ 2,5	+ 6,0	5,20	+0,86	880	+ 25	770	960	2,0	4	variable	0,89	8,3	+ 1,1	121,5
9	722,10	— 4,96	+ 1,45	+ 0 13	— 1,2	+ 4,4	4,50	+0,19	880	+ 24	720	980	...	...	variable	0,63	8,1	+ 0,9	119,2
10	719,82	— 7,28	— 0,19	— 1,41	— 3,5	+ 1,6	4,31	+0,03	929	+ 73	850	1000	0,0	...	SO. 1	0,99	8,1	+ 1,0	120,3
11	718,93	— 8,21	+ 0,99	— 0,13	+ 0,4	+ 2,0	4,83	+0,57	973	+116	950	1000	5,6	12	SSO. 1	1,00	..	.....	121,0
12	723,00	— 4,18	+ 1,42	+ 0,40	+ 0,5	+ 2,8	4,59	+0,36	910	+ 52	810	980	2,3	10	variable	1,00	7,7	+ 0,8	118,5
13	728,71	+ 1,49	+ 2,39	+ 1,46	+ 0,4	+ 3,6	4,66	+0,45	855	— 3	740	910	...	...	variable	0,99	7,6	+ 0,8	116,7
14	732,90	+ 5,64	+ 1,92	+ 1,08	+ 0,8	+ 3,0	4,21	+0,02	807	— 52	760	840	...	...	variable	1,00	7,7	+ 1,0	117,7
15	727,93	+ 0,63	+ 0,38	— 0,37	— 0,5	+ 1,4	4,07	—0,10	870	+ 11	770	1000	...	...	E. 1	1,00	7,6	+ 1,0	117,5
16	725,07	— 2,27	— 0,87	— 1,54	— 2,3	+ 2,6	3,83	—0,32	895	+ 35	770	980	...	...	variable	0,77	7,6	+ 1,1	115,5
17	724,65	— 2,72	+ 1,40	+ 0,81	— 3,1	+ 6,0	4,06	—0,07	800	— 60	560	980	0,7	2	SO. 1	1,00	7,5	+ 1,0	112,7
18	722,11	— 5,30	+ 7,21	+ 6,70	+ 4,8	+10,0	5,94	+1,82	774	— 87	590	890	11,0	14	OSO. 3	0,83	...	.....	113,0
19	722,90	— 4,55	+ 5,13	+ 4,69	+ 2,5	+ 9,0	4,69	+0,59	720	—141	590	840	...	...	variable	0,66	7,7	+ 1,4	117,5
20	716,04	—11,44	+ 5,73	+ 5,36	— 0,1	+12,9	5,35	+1,26	759	—103	550	930	6,1	6	SSO. 3	0,91	7,7	+ 1,5	117,5
21	723,89	— 3,63	+ 4,08	+ 3,78	+ 2,0	+ 6,2	4,97	+0,89	821	— 41	740	860	3,5	8	SSO. 2	0,94	7,5	+ 1,3	114,0
22	725,50	— 2,06	+ 0,52	+ 0,28	— 0,8	+ 2,8	4,49	+0,42	937	+ 74	830	990	...	...	variable	0,87	7,5	+ 1,4	111,7
23	727,92	+ 0,33	+ 1,00	+ 0,82	+ 0,1	+ 2,6	4,39	+0,33	892	+ 29	720	1000	12,5	11	NE. 2	0,70	7,2	+ 1,2	115,5
24	734,27	+ 6,65	— 0,43	— 0,55	— 1,6	+ 1,0	3,48	—0,57	791	— 72	680	870	...	...	NE. 3	0,38	6,1	+ 0,1	120,0
25	737,16	+ 9,51	— 2 22	— 2,29	— 3,2	— 0,9	3,05	—0,99	792	— 72	680	860	...	...	NNE 2	0,84	...	.....	119,0
26	741,84	+14,16	— 3,83	— 3,85	— 6,5	+ 0,8	2,97	—1,07	872	+ 8	760	970	...	...	variable	0,47	6,6	+ 0,8	114,0
27	742,50	+14,79	— 4,24	— 4,21	— 8,3	+ 4,0	2,93	—1,10	867	+ 3	620	1000	...	...	SE. 1	0,08	6,3	+ 0,5	114,0
28	740,84	+13,11	— 5,19	— 5,12	— 8,7	— 2,5	3,23	—0,80	1000	+135	1000	1000	...	...	SSO. 1	0,98	6,0	+ 0,3	110,1
29	735,99	+ 8,23	— 5,74	— 5,63	— 6,9	— 4,0	3,00	—1,03	1000	+135	1000	1000	...	...	SSO. 1	1,00	5,7	+ 0,1	110,3
30	731,24	+ 3,46	— 5,59	— 5,44	— 8,7	— 0,9	3,13	—0,89	1000	+135	1000	1000	...	...	S. 1	0,86	5,5	— 0,1	109,8
31	728,39	+ 0,59	— 4,41	— 4,23	— 7,3	— 0,9	3,42	—0,60	1000	+135	1000	1000	...	...	variable	0,90	5,7	+ 0,1	113,4

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,84	731,09	731,20	730,51	729,91	729,78	729,86	730,02	729,93
2e »	723,98	723,97	724,35	723,86	723,91	724,27	724,77	725,14	725,34
3e »	733,31	733,67	734,16	733,47	733,07	733,33	733,68	733,92	734,03
Mois	729,50	729,71	730,04	729,41	729,10	729,26	729,57	729,83	729,90
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 0,20	+ 0,15	+ 2,77	+ 4,70	+ 5,29	+ 4,31	+ 3,24	+ 2,19	+ 1,49
2e »	+ 1,58	+ 1,91	+ 2,94	+ 3,94	+ 3,97	+ 3,75	+ 3,27	+ 2,86	+ 2,07
3e »	— 3,57	— 3,79	— 2,68	— 0,66	+ 0,06	— 0,58	— 1,59	— 2,45	— 3,02
Mois	— 0,69	— 0,68	+ 0,89	+ 2,55	+ 3,01	+ 2,39	+ 1,53	+ 0,76	+ 0,08
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,52	4,51	4,80	4,95	4,96	4,90	4,81	4,74	4,68
2e »	4,42	4,59	4,77	4,96	4,83	4,59	4,70	4,44	4,52
3e »	3,29	3,21	3,42	3,80	4,00	3,86	3,72	3,53	3,35
Mois	4,05	4,07	4,30	4,55	4,58	4,43	4,39	4,21	4,15
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	959	961	853	772	753	788	831	876	912
2e »	869	875	839	812	790	771	810	802	854
3e »	922	915	894	867	868	880	906	919	913
Mois	917	917	863	819	806	815	851	867	894

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 1,02	+ 6,59	0,59	+ 8,52	2,0	121,76
2e »	+ 0,34	+ 5,33	0,92	+ 7,64	25,7	116,76
3e »	— 4,54	+ 0,75	0,73	+ 6,41	16,0	113,80
Mois	— 1,83	+ 4,11	0,75	+ 7,48	43,7	117,32

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,62 à 100.

La direction de la résultante des vents observés est S. 4°,6 E. et son intensité est égale à 23,04 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1881.

Le 1er, bouillard le matin.
2, brouillard jusqu'à 2 h. après midi.
6, forte bise.
8, neige tout le jour.
9, brouillard tout le jour, neige de midi à 4 h.
10, neige et brouillard tout le jour ; fort vent du SO. le soir.
11, neige et brouillard tout le jour.
12, id.
13, neige et brouillard le matin.
17, neige le soir.
18, neige et brouillard jusqu'à 4 h. après midi.
20, neige tout le jour; fort vent du SO. le matin, très forte bise le soir.
21, brouillard et neige tout le jour par une très forte bise.
22, neige le soir, fort vent du SO.
23, depuis 10 h. du matin brouillard, neige, forte bise.
24, forte bise.
25, id.
26, id.
31, fort vent du SO.; le soir à 10 h. il commence à neiger.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	568,59	Le 3 à 4 h. après midi......	565,02
6 à 10 h. matin	568,72	11 à 4 h. après midi......	554,35
14 à 10 h. matin	566,59	20 à 2 h. après midi......	553,29
28 à 10 h. matin	576,66	31 à 10 h. soir	564,00

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1881.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	567,15	+ 5,20	566,20	568,12	— 6,42	+ 0,30	— 8,8	— 4,6	.....	.....	....	SO. 1	0,40
2	568,12	+ 6,19	567,50	568,59	— 8,88	— 2,08	—10,3	— 7 8	.....	.....	....	NE. 2	0,58
3	565,30	+ 3,39	565,02	565,66	— 9,21	— 2,33	—11,2	— 7,4	.....	.....	....	NE. 1	0,00
4	566,87	+ 4,98	565,83	567,60	— 7,04	— 0,08	— 8,3	— 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,00
5	567,42	+ 5,55	567,19	567.72	— 7,82	— 0,78	— 8,4	— 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,08
6	568,37	+ 6,52	567,83	568,72	— 5,95	+ 1,17	— 7,0	— 4,4	.....	.....	....	NE. 2	0,33
7	564,36	+ 2,54	562,65	566,96	— 3,94	+ 3,27	— 6,1	— 1,2	.....	.....	....	SO. 1	0,50
8	559,57	— 2,23	558,98	560,90	— 9,48	— 2,19	— 9,9	— 8,9	200	12,4	....	NE. 1	1,00
9	556,91	— 4,87	556,43	557,61	— 9,52	— 2,15	—10,4	— 8,8	80	5,6	....	NE. 1	0,94
10	556,16	— 5,60	555,44	556,81	—10,44	— 3,00	—10,9	— 9,0	120	19,8	....	SO. 1	0,95
11	554,53	— 7,21	554,35	555,12	— 6,55	+ 0,96	— 8,2	— 5,6	140	12,8	....	SO. 1	0,97
12	556,29	— 5,43	555,23	558,02	— 5,11	+ 2,47	— 6,2	— 3,7	160	4,2	....	SO. 1	0,94
13	562,63	+ 0,93	559,50	565,19	— 7,81	— 0,16	—10,0	— 6,4	60	5,8	....	SO. 1	0,61
14	565,82	+ 4,14	565,31	566,59	— 8,25	— 0,53	— 9,0	— 6,3	.....	.....	....	variable	0,06
15	561,93	+ 0,27	561,15	563,23	— 9,41	— 1,63	—11,0	— 7,8	.....	.....	....	SO. 1	0,00
16	559,79	— 1,85	559,64	559,98	— 9,12	— 1,28	—11,0	— 7,5	.....	.....	....	SO. 1	0,23
17	560,15	— 1,48	559,61	561,14	— 8,41	— 0,51	—10,4	— 6,6	60	4,8	....	SO. 1	0,48
18	560,19	— 1,42	559,42	561,52	— 2,81	+ 5,15	— 5,4	0,0	240	20,0	....	SO. 1	0,78
19	558,00	— 3,59	557,51	558,64	— 8,24	— 0,22	— 9,4	— 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0.51
20	554,12	— 7,45	553,29	554,79	— 6,61	+ 1,47	— 9,4	— 3,0	230	14,8	....	variable	1,00
21	556,77	— 4,79	555,54	558,34	—10,58	— 2,45	—10,9	—10,0	80	4,6	....	NE. 3	0,99
22	559,71	— 1,84	559,28	560,46	— 9,95	— 1,77	—13,2	— 4,5	90	6,3	....	SO. 2	0,74
23	560,79	— 0,74	558,95	562,95	— 8,77	— 0,54	—12,0	— 5,9	100	8,2	....	NE. 2	0,89
24	563,26	+ 1,75	563,10	563,59	—14,46	— 6,18	—15,8	—13,0	.....	.....	....	NE. 2	0,02
25	566,64	+ 5,15	564,69	568,43	—10,45	— 2,12	—12,9	— 8,8	.....	.....	....	NE. 2	0,17
26	572,61	+11,14	570,42	574,13	— 3,44	+ 4,93	— 6,7	— 2,4	.....	.....	....	NE. 1	0,02
27	575,54	+14,08	574,60	576,47	+ 0,43	+ 8,84	— 1,9	+ 4,2	.....	.....	....	SO. 1	0,01
28	575,79	+14,35	575,22	576,66	+ 2,91	+11,36	+ 1,7	+ 4,4	.....	.....	....	SO. 1	0,00
29	572,05	+10,63	571,32	573,30	+ 2,25	+10,74	+ 1,3	+ 4,0	.....	.....	....	SO. 1	0 00
30	560,01	+ 6,61	567,22	569,22	— 0,16	+ 8,37	— 1,8	+ 1,6	.....	.....	....	NE. 1	0 00
31	564,58	+ 3,20	564,00	565,49	— 5,41	+ 3,16	— 6,8	— 4,0	.....	.....	....	SO. 2	0,63

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	764,34	764,33	764 34	764,08	763,92	763,87	763,83	763,84	763,82
2e »	759,19	759,40	759,50	759,25	759,04	759,16	759,34	759,60	759,79
3e »	766,48	766,74	767,10	766,94	766,70	766,75	766,93	767,17	767,33
Mois	763,44	763,59	763,76	763,54	763,34	763,37	763,48	763,65	763,76
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 8,07	— 8,05	— 7,62	— 6,90	— 6,75	— 7,50	— 8,17	— 8,10	— 8,05
2e »	— 7,51	— 7,50	— 6,45	— 5,81	— 5,94	— 6,79	— 7,56	— 7,90	— 8,02
3e »	— 6,57	— 5,45	— 4,86	— 3,63	— 3,93	— 4,97	— 5,30	— 5,39	— 5,41
Mois	— 7,36	— 6,95	— 6,26	— 5,39	— 5,49	— 6,37	— 6,95	— 7,08	— 7,10

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 9,13	— 6,45	0,48	37,8	400
2e »	— 9,00	— 5,31	0,56	62,4	890
3e »	— 7,18	— 3,13	0,32	19,1	270
Mois	— 8,46	— 4,90	0,45	119,3	1560

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,14 à 100.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 8,60 sur 100.

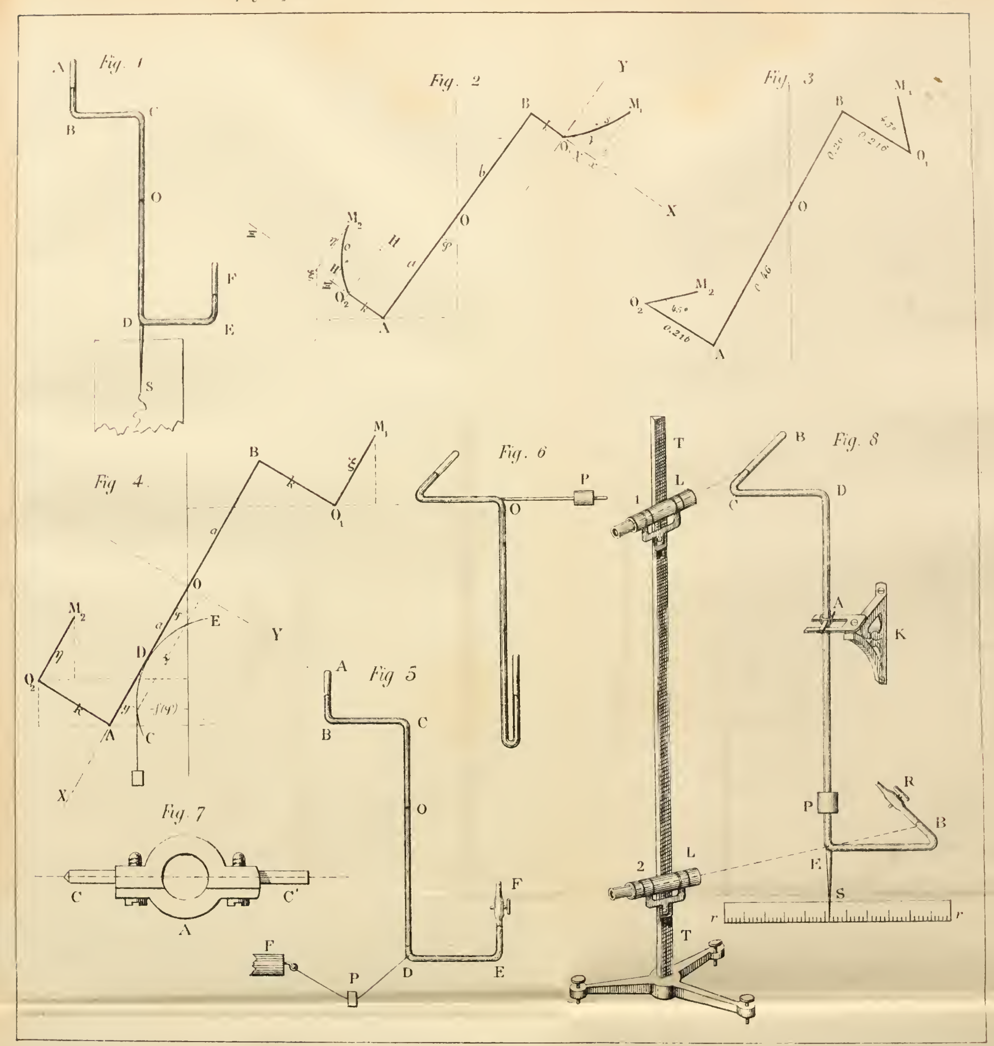

Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8

Fig. 5

T

M

M

Fig. 3

v

a

Fig. 4

b

b

Fig. 2

K

C

B

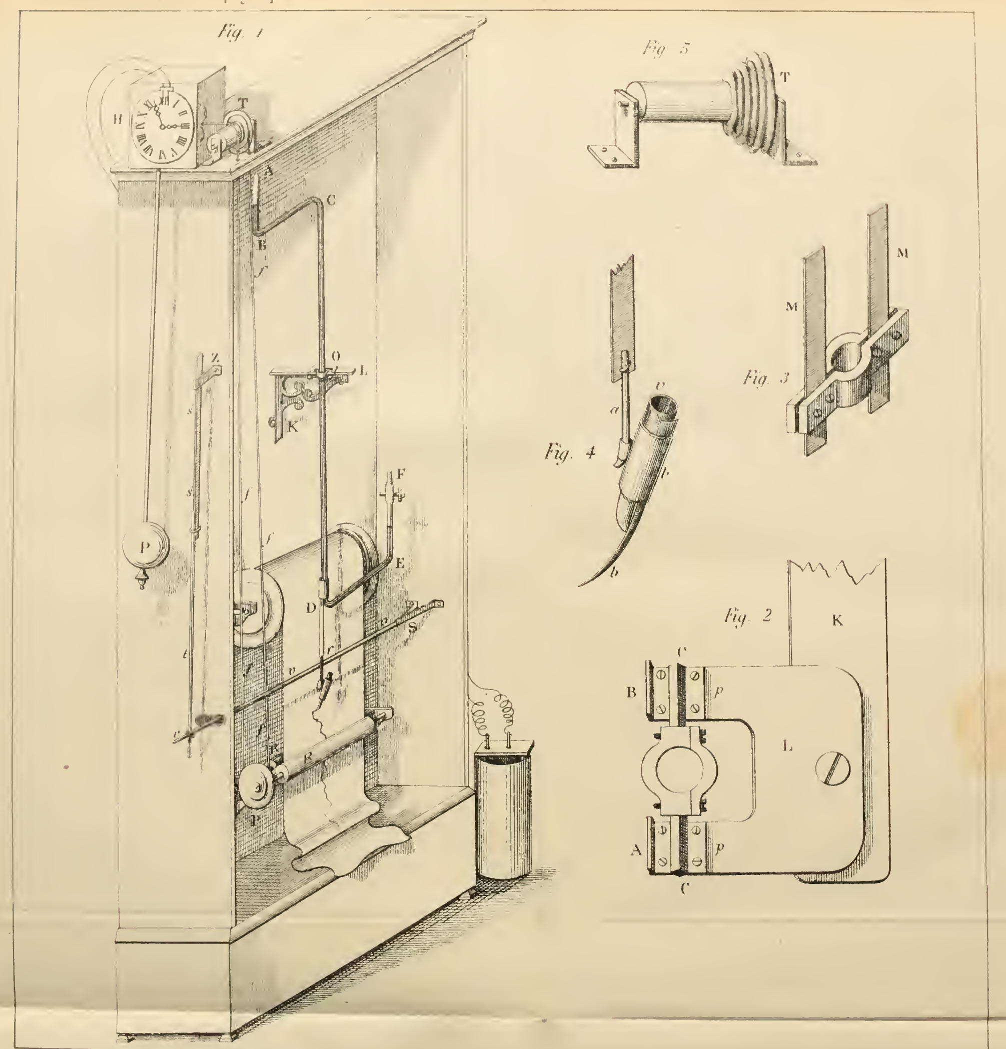
p

L

A

p

C

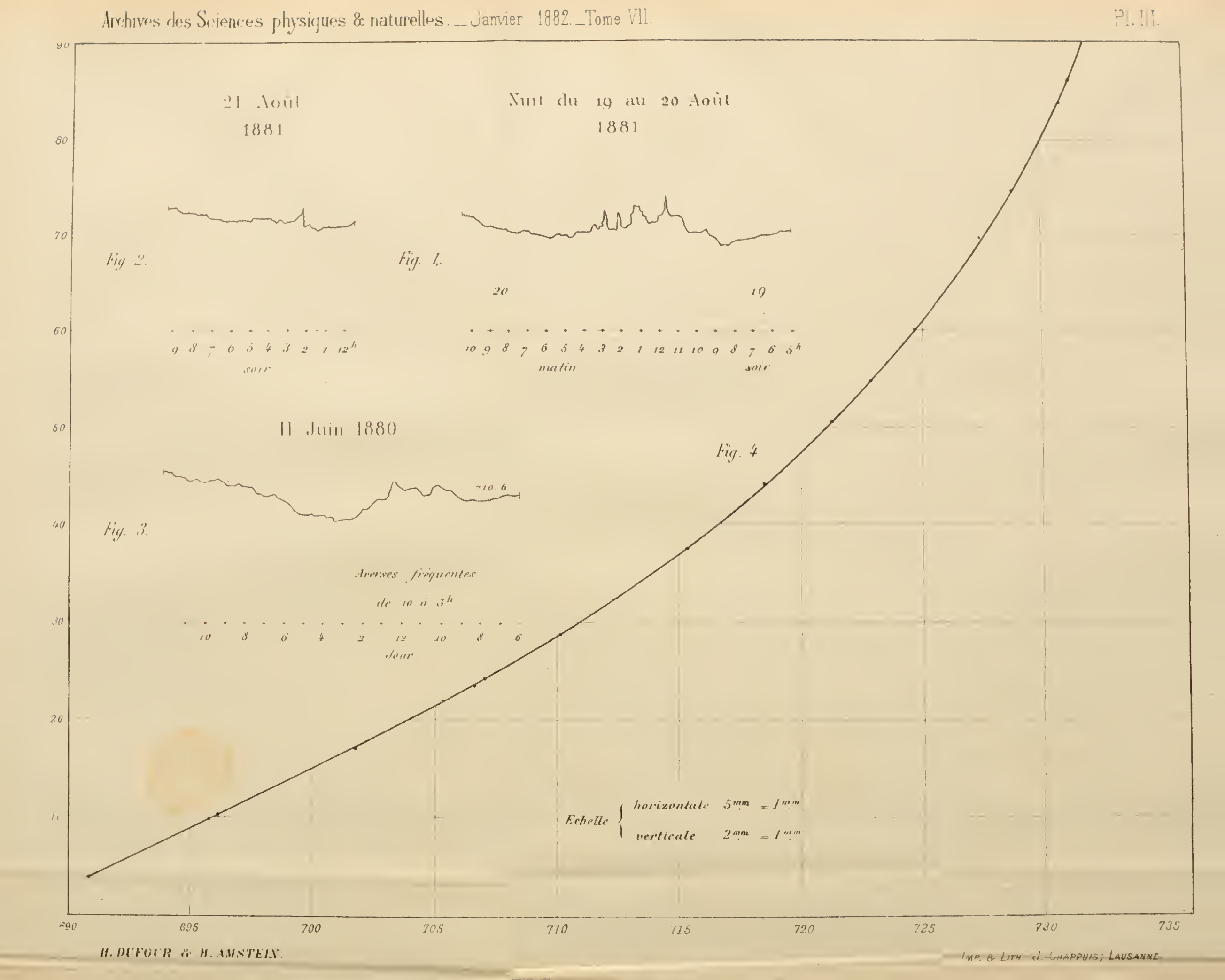


H. DUFOUR et H. AMSTEIN.

IMP & LITH. J. CHAPPUIS, LAUSANNE.



ier 1882._To
Nuit du 1
1
7 6 5 4 3
matin
6
Echelle
710



H. DUFOUR & H. AMSTEIN.

Imp. & Lith. J. Chappuis, Lausanne

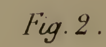


Fig. 2.

Stäfeli 1642m

Ancienne surface

Tschingelwald

Déchirure

Ardoises

Calcaires à Nummulites

Ardoises inexploitables

Ardoises exploitables

Camperdunalp

1326m

Düniberg 1094m

Unterthal. 990m

Müsli

Schwendi 937m

Débris de l'éboulement

Albert Heim

Coupe à travers l'Éboulement d'Elm.

Echelle : 1 : 20000

Débris accumulés par l'Eboulement



Archives des Sciences phys. et nat. Janvier 1882. t. VII.
ÉBOULEMENT D'ELM
le 11 Septembre 1881.
Pl. IV.
Fig. 1.
Nord
O
E
Sud
Schwendi
1729
Camperdun Alp
Eschen
Müsli
1326
Knollen
Pont de fer
Düniberg 1094
Unterthal
Raminerbach
982
ELM
Tschingelboden
Gehren
Route de Hinterstenbach
Sernf
Gschwend
P
G
A
R
g
1550
Boden
1272
Stäfeli
1642
Tschingelberg
Tschingelalp
Segnes Pass
Échelle 1 : 20,000
0
500
1000m
Bâtiments conservés.
Bâtiments détruits par l'éboulement
Cours d'eau
Cours d'eau comblés
g Grande crevasse
Débris de l'éboulement
Déchirure de la montagne
P Ardoisière (Plattenberg)
A Epaule.
R. Risikopf
G Gelbkopf
Fig. 2.
Campergunalp
1326m
Schwendi 937
Müsli
Düniberg 1094m
Unterthal 990m
Débris de l'éboulement
Tschingelwald
Ancienne surface
Déchirure
Ardoises exploitables
Calcaires à Nummulites
Stäfeli 1642m
Ardoises
Tschingelalp
Mittaghorn 2417m
2000m
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
Albert Heim
Coupe à travers l'Éboulement d'Elm
Echelle : 1 : 20000
Débris accumulés par l'Éboulement

UNE HYPOTHÈSE

SUR

L'ORIGINE DES ESPÈCES

PAR

M. THURY,
Professeur à l'Université de Genève.

VUE GÉNÉRALE

La notion de l'espèce considérée comme unité naturelle est-elle compatible avec le système de l'évolution ? Telle est la question, très actuelle, abordée dans ce mémoire.

Avant l'époque où les idées de Darwin commencèrent à se répandre dans le monde scientifique, la grande majorité des naturalistes, laissant de côté la question de l'origine des espèces, problème réputé insoluble, regardait l'espèce comme étant le groupe naturel par excellence, défini et par conséquent définissable, expression la plus immédiate de la nature des êtres. Les difficultés que l'on rencontrait souvent dans le travail de la délimitation des espèces, étaient alors considérées comme résultant de l'imperfection de nos connaissances, et comme réclamant des études nouvelles.

Les naturalistes qui adoptèrent les vues de Darwin furent, sur le dernier point, tirés de peine par l'idée que

l'espèce telle qu'on l'avait généralement comprise auparavant n'existe pas; l'espèce, si l'on veut garder ce mot, n'étant autre chose qu'une forme temporaire et variable de l'organisation, la variété indéfiniment extensible et graduellement variable.

Il y avait cependant, dans cette conception nouvelle de l'espèce, un élément *à priori* introduit par une théorie encore incertaine, comme il pouvait y en avoir également un dans la conception ancienne, pour les naturalistes qui admettaient la création séparée des souches originelles de chacun des groupes spécifiques.

En dehors de ces deux courants d'idées, il reste aujourd'hui des naturalistes classificateurs d'un très grand mérite qui, rejetant tout *à priori* dans les questions de ce genre, ne veulent connaître les groupes que par l'étude attentive des groupes eux-mêmes. Plusieurs d'entre eux, les de Barande, les E. Boissier, les Oswald Heer et d'autres encore, nous déclarent que pour eux la notion ancienne de l'espèce reste seule vraie, l'espèce étant l'unité naturelle fondamentale, portant en elle-même le principe de ses variations limitées et en quelque sorte son coefficient d'élasticité.

D'autre part la théorie de l'évolution, qui est ici en cause, offre l'avantage incontestable de lier naturellement entre eux une multitude de faits épars. On est donc conduit à se demander s'il y a bien incompatibilité réelle entre la notion ancienne de l'espèce, supposée vraie, et l'hypothèse de l'évolution ou de la descendance.

Il y a plusieurs manières d'entendre la théorie de l'*évolution ;* suivant l'une, connue sous le nom de *théorie de la descendance,* les êtres les plus différents sont issus graduellement les uns des autres par génération ordinaire

de l'algue au palmier, et du ver de terre ou de l'ascidie à l'homme, à travers mille millions de générations et de siècles, et par une suite de transformations lentes qui se poursuivent encore aujourd'hui. C'est le point de vue bien connu de Lamarck et en partie celui de Darwin.

Suivant une autre manière d'entendre la théorie de l'évolution, on admet la possibilité de transformations brusques qui se réaliseraient à certains moments de la vie du globe par la production de germes spéciaux, dont le développement immédiat ou tardif donnerait lieu à des espèces nouvelles. C'est ce que nous appellerons la *théorie des germes*.

Il est facile de comprendre que la première hypothèse, celle de la descendance, est incompatible avec l'idée de l'unité essentielle ou de l'individualité de l'espèce ; cette individualité serait un effet sans cause, la génération ordinaire ne donnant lieu qu'à des variétés, lesquelles se prolongent en races et en espèces darwiniennes ou indéfinies, qui ne sauraient devenir des espèces individualisées sans l'intervention d'une cause spéciale. La théorie darwinienne, rameau de celle de la descendance, exige un renversement complet de la notion ancienne de l'espèce ; c'est là ce que les naturalistes comprirent immédiatement, et ce fut l'impression générale au moment de la publication du livre de Darwin. Inversement, si la notion ancienne de l'espèce doit être tenue pour vraie, il n'y a point de place pour la théorie darwinienne.

La théorie des germes serait au contraire en parfaite harmonie avec l'existence des espèces individualisées, parce qu'elle admet des germes d'espèces, différents des œufs et des graines qui sont les germes des variétés.

Tels sont les termes dans lesquels il nous semble que

la question posée au début de cet article doit être résolue. Il nous reste à développer notre pensée sur la théorie de l'évolution, sur la notion de l'espèce, et sur les bases de la théorie de Darwin et de celle des germes. Ces développements serviront de préambule à une exposition systématique de la théorie des germes, qui formera la seconde partie de ce travail.

ANALYSE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE LA QUESTION

1. *Théorie de l'évolution ou transformisme.* — La théorie de l'évolution exprime pour nous le procédé, *le comment,* de la succession des êtres ; elle n'est incompatible dans notre pensée ni avec l'idée d'un but poursuivi, ni avec celle d'un plan primitif dont la réalisation s'accomplirait graduellement dans le cours des âges. L'objet strict de l'histoire naturelle est la connaissance du procédé physique de l'enchaînement et de la succession des êtres ; l'histoire naturelle ne saurait accepter comme explication *suffisante* d'aucun phénomène, l'idée de but ou la notion d'un plan primitif. Elle ne sortirait pas moins de son domaine en niant la possibilité de ces causalités transcendantes, dont la considération appartient à d'autres branches d'études. Dans le langage courant de l'histoire naturelle les expressions de but et de plan peuvent être employées à la manière des formules empiriques de l'algèbre qui servent à grouper utilement un grand nombre de faits ; c'est bien à tort que l'on a cherché querelle à Darwin sur ce point.

Si l'on considère l'enchaînement des êtres dans la succession des périodes géologiques, il paraîtra contraire à toute analogie naturelle que de nombreuses espèces aient

été détruites, puis remplacées par d'autres, lesquelles continuent le développement des mêmes types, et qui cependant seraient formées à nouveau chacune *de toutes pièces.* L'invraisemblance augmente beaucoup si l'on doit admettre que le même étrange phénomène se serait répété 20 ou 30 fois de suite, depuis le commencement des périodes paléontologiques jusqu'au temps actuel.

C'est une loi universelle que tous les êtres ont à quelque degré le pouvoir de se faire eux-mêmes à nouveau, c'est-à-dire de se développer en vertu des actions extérieures et des puissances libres ou nécessaires qui sont en eux. Dès lors le développement général du monde est en quelque sorte la résultante du développement de tous les éléments primitifs qui le composent. Le fait de *création,* dont les sciences de la nature ne peuvent directement connaître, n'intervient que dans l'apparition d'un fait essentiellement nouveau, ou, comme disent les philosophes, d'une *essence nouvelle,* c'est-à-dire d'une essence qui n'existait auparavant ni manifestée ni latente. Ici, par conséquent, le procédé physique de l'enchaînement, le *processus physique* n'existe plus, et la science de la nature touche ses limites.

Sans connaître la nature du lien organique des êtres qui se sont succédé sur le globe, mais avec la presque certitude que ce lien existe, je puis me figurer la terre poussant son premier jet de végétation, et les plantes se développant par leurs forces propres sous l'influence des milieux, modifiant et variant leurs formes, et changeant la parure du sol en harmonie avec les temps nouveaux, depuis les premiers jours du monde jusqu'à l'époque actuelle.

Je puis également me figurer le riche développement

du règne animal, se poursuivant d'âge en âge par l'exubérante puissance du principe intérieur, brisant les formes spécifiques vieillies, comme autant de vêtements anciens, s'élevant sans cesse à de nouveaux types, et venant aboutir aux vertébrés mammifères, dont la structure est presque semblable à celle de l'homme. L'essence d'un animal ne diffère pas de celle d'un autre animal, donc un simple développement peut suffire, aucun acte de création proprement dite n'est ici nécessaire.

Telle est dans ses termes généraux la théorie de l'évolution, dont la probabilité nous semble difficile à contredire.

2. *Notion de l'espèce.* — Là est le point central de la théorie de la descendance. Les naturalistes indépendants, ceux que les injures rouges ou noires ne peuvent atteindre et qu'aucun parti pris n'a dispensés d'une étude sérieuse de la question de l'espèce considérée en elle-même et dans les faits, ceux-là se divisent en deux écoles : les uns n'admettent pas l'existence réelle des espèces qu'ils considèrent comme étant le résultat d'un simple développement des races. Pour les autres, et nous croyons qu'ils sont le grand nombre, l'espèce n'est pas un simple accident, elle constitue un groupe naturel défini, elle a une valeur positive et réelle, tellement que l'on pourrait dire de l'espèce qu'elle est une individualité d'ordre supérieur à l'individu ordinaire.

Sans entrer ici dans la discussion d'un problème aussi vaste et difficile que celui de la vraie nature de l'espèce, il nous sera permis de dire qu'à notre sens la thèse de la seconde école est la plus conforme aux résultats de l'observation immédiate, car nous ne voyons pas les espèces se transformer graduellement les unes dans les autres,

mais elles demeurent, avec leurs caractères fondamentaux, se jouant entre des limites infranchies [1]. Dans l'espace, d'une contrée à une autre, une espèce bien définie en remplace le plus souvent une autre nettement, sans gradations. Dans le temps, d'une époque géologique à l'autre, une espèce finit et une autre lui succède brusquement et sans transitions constatées, dans la généralité des cas. C'est là au moins le fait d'observation immédiate, celui qui donnerait à une théorie l'appui direct et simple de l'observation.

L'école qui suppose des formes de transition beaucoup plus nombreuses entre les espèces doit, pour rester d'accord avec les faits, accepter deux hypothèses : la première, c'est que la plupart des formes géologiques de transition ont disparu ou sont encore inconnues; la seconde, c'est que les transitions qui existent aujourd'hui dans les variétés et les races peuvent être prises en monnaie de payement, à la place de celles qui devraient exister entre les espèces. Certainement aucune de ces deux hypothèses n'est impossible; mais si j'ai à choisir entre deux notions différentes de l'espèce, je préférerai celle qui s'accorde immédiatement avec les faits connus.

L'absence d'un nombre suffisant de ces formes de transition qu'exigerait la théorie de l'espèce indéfinie, constitue une objection dont l'importance peut diminuer dans l'avenir. Cependant il se pourrait bien aussi que

[1] Nous avons omis le détail des faits sur lesquels repose la discussion, parce que ces faits, rappelés souvent à l'occasion des controverses darwiniennes, sont connus aujourd'hui de tous les naturalistes, et qu'il serait fastidieux de les redire une fois de plus. Mais ces mêmes faits peuvent recevoir des interprétations diverses, qui sont l'objet spécial du mémoire actuel.

l'objection augmentât de valeur, parce qu'en définitive la science veut voir des faits partout où la constatation des faits n'est pas impossible.

La nature ne fait pas de sauts, disait Linné, et cela reste vrai d'une manière générale, soit dans l'enchaînement des êtres, soit dans la continuité du *processus physique* du développement. Mais cela n'empêche pas qu'il existe des *sauts* relatifs entre les variétés de même origine immédiate et des sauts ou *hiatus* plus grands que ceux de variétés, entre les espèces. Ces hiatus fournissent, comme nous venons de le dire, un premier caractère pour distinguer les espèces.

Ce caractère, cependant, ne suffit pas toujours, et d'ailleurs il n'a qu'une importance secondaire et subordonnée ; le vrai caractère distinctif de l'espèce c'est l'origine ou descendance. Toutes les fois que l'on aura vu des êtres différents sortir d'une même souche, ils seront considérés par tous les naturalistes classificateurs indépendants comme appartenant à la même espèce. Pour ceux-ci, l'*espèce* est l'ensemble des individus issus d'une même souche par génération ordinaire ; mais comme dans la très grande majorité des cas le caractère d'origine ne peut être constaté directement, la seule ressource est de chercher par expérience quels sont les caractères communs à tous les êtres que l'on sait être issus d'une souche commune, dans des circonstances très variées. C'est ainsi qu'ont été formulées les trois règles suivantes, qui résument un très grand nombre d'observations, et que les naturalistes classificateurs appliquent, autant qu'ils le peuvent, à la détermination pratique des espèces.

1. Les espèces sont généralement séparées les unes des autres par des intervalles ou sauts plus grands que

ceux qui existent entre les variétés; c'est la règle indiquée ci-dessus.

2. Les caractères communs à toutes les variétés, c'est-à-dire les caractères spécifiques, sont permanents; ils ne changent pas avec le temps aussi loin qu'il a été possible de le constater. Donc, expérimentalement, il n'y a point de transformations d'espèces.

3. Les vrais groupes spécifiques ne divergent pas sans limites, soit dans la production des variétés, soit dans la formation des hybrides, mais ils redeviennent semblables à eux-mêmes, dans les limites de leurs variations ordinaires, lorsque les influences qui les avaient sollicités pour un temps dans le sens d'un développement particulier, viennent à disparaître. Ce fait constitue ce que nous appelons *l'élasticité des types spécifiques*. L'espèce serait comme un vêtement capable de s'adapter, et dont les formes peuvent se modifier, mais non pas sans limites.

L'application de ces trois règles, critères indirects de l'espèce, ne peut pas toujours être faite, et même lorsqu'elle peut l'être, l'espèce n'est pas toujours déterminée avec certitude; mais ces difficultés pratiques ne sauraient prouver la non-existence des espèces.

Ces trois règles elles-mêmes sont le résultat généralement constaté d'un très grand nombre d'observations. A ce titre, elles donnent un appui aux théories qui les acceptent telles quelles, et peuvent les comprendre dans une même formule générale, comme c'est le cas pour la théorie des germes. Mais il serait presque impossible de faire concorder ces mêmes règles avec la théorie du développement graduel. Pour cela il faudrait montrer que les faits ne sont pas en réalité tels qu'ils ont l'air de se produire, dans la grande généralité des cas.

On a cité contre la thèse que nous défendons l'absence des caractères de l'espèce dans des organismes inférieurs tels que les éponges. Un fait semblable serait très naturel dans la théorie des germes, parce que les germes spécifiques étant d'ordre supérieur doivent trouver leurs conditions de formation dans des organismes supérieurs. Les naturalistes classificateurs ont soupçonné depuis longtemps que la notion d'espèce ne s'appliquait pas immédiatement aux organismes inférieurs. Le désarroi que l'observateur éprouve lorsqu'il cherche à appliquer à ces organismes l'idée ordinaire de l'espèce, et qu'il se sent dans un monde nouveau, montre que l'idée ordinaire de l'espèce est bien le résultat naturel et direct de l'observation des organismes supérieurs.

3. *Bases de la théorie de Darwin.* — La théorie de Darwin est une des formes de cette doctrine de l'évolution qui a trouvé des partisans dans tous les âges, depuis Empédocle à Schelling.

Dans le cercle de la doctrine de l'évolution, la théorie de Darwin est une des formes de l'hypothèse de la descendance généalogique défendue par Geoffroy Saint-Hilaire et Lamarck.

La théorie de Darwin se distingue avantageusement de toutes celles qui l'avaient précédée, parce qu'elle développe l'idée d'un mécanisme naturel pouvant expliquer comment la transformation des espèces s'est opérée. Le procédé de la transformation des espèces repose, selon Darwin, sur les faits suivants :

Il se produit dans la nature un nombre de germes ou d'existences naissantes très supérieur aux ressources d'alimentation, de là résulte une *lutte pour l'existence* entre les êtres de même espèce et de variétés différentes.

Dans cette lutte, les variétés les plus favorisées seules subsistent, et transmettent, dans une certaine proportion, leurs qualités à leur descendance, où ces qualités se développent de même dans une direction constante, celle qui favorise *l'adaptation* aux circonstances extérieures dans lesquelles l'être se trouve placé. Ces mêmes qualités se fixent dans la suite des générations, ce qui produit des *espèces* qui ne sont autre chose que des variétés fixées. Au milieu de circonstances différentes, la *lutte pour l'existence* donne lieu à des espèces différentes des premières. La destruction des variétés et des espèces les moins avantagées est la cause des *hiatus* que l'on observe. La prédominance finale ou *sélection* des types avantagés amène généralement un progrès ; mais ce progrès est d'un genre spécial. La loi de la nature dans la production des espèces serait donc : *Beaucoup d'appelés et peu d'élus.*

Ce procédé de la sélection naturelle est essentiellement le même que celui de la *sélection artificielle* à l'aide duquel l'homme s'est procuré les *races* d'animaux domestiques.

Avant Darwin, la sélection naturelle, non pas le mot mais la chose, était considérée dans deux domaines différents.

1. Dans ses rapports avec la distribution géographique des êtres. On savait que la lutte des espèces ou des races entre elles et avec le milieu ambiant, amène la prédominance des plus fortes ou des mieux appropriées aux circonstances extérieures, et la diminution ou la disparition des moins avantagées pour la lutte, jusqu'à l'établissement d'un état d'équilibre, fixe ou mobile, aussi durable que les circonstances extérieures qui l'ont amené. La

concurrence vitale et ses conséquences jusqu'à l'*adaptation* inclusivement, sont ici indépendants du transformisme.

2. Les combats de mâles, qui ont lieu dans plusieurs espèces d'animaux, étaient considérés comme ayant pour résultat d'éloigner de l'acte procréateur les êtres faibles, et d'empêcher ainsi la dégénérescence des races. C'était un fait de *sélection sexuelle.* Dans le premier exemple, la sélection est le résultat d'une lutte pour l'existence, et de l'influence des circonstances extérieures sur l'être lui-même, conduisant à l'*adaptation* par la *sélection.*

Darwin étend beaucoup le champ de l'observation dans les faits de cet ordre, puis il attribue à la sélection appliquée aux variétés et aux races une influence prépondérante sur la production de nouveaux types : la sélection éprouve, trie et retient ce qui est bon au point de vue de l'utilité immédiate. Si l'on veut admettre que la production des variétés soit en quelque sorte indéfinie et illimitée, de nouveaux types pourront incessamment se produire; en se fixant, ils donneront lieu à de nouvelles races qui seront nommées espèces, dans le langage du système, toutes les fois que leurs caractères morphologiques offriront une importance suffisante. La raison d'être de l'espèce se présente donc avec un caractère essentiellement utilitaire dans la théorie anglaise.

Les facteurs en jeu sont ici : le fait de la profusion des germes — la loi d'hérédité — celle de la diversité des formes issues d'une même souche — et enfin la sélection. L'existence de chacun de ces facteurs est absolument constatée, et il ne peut rester d'incertitude que sur la signification précise et la portée de chacun d'eux. Par exemple il reste à savoir si la diversité des formes des va-

riétés issues d'une même souche est limitée ou bien indéfinie; si le développement des caractères demeure également facile à mesure que l'on s'éloigne du type primitif, et s'il n'existe aucune loi procédant de causes intérieures, qui présiderait à l'apparition de ces formes, de telle sorte que même en l'absence de la sélection elles demeureraient harmoniques et peut-être progressives.

Quant à la sélection elle-même, quelle est exactement sa portée? Darwin reconnaît loyalement qu'il l'avait d'abord exagérée, et l'un de ses partisans, Huxley, va jusqu'à dire qu'il n'est pas prouvé qu'un seul groupe ayant tous les caractères de l'espèce physiologique ait jamais eu pour origine la sélection, soit naturelle soit artificielle. Il importerait avant tout de bien distinguer ce qui est, c'est-à-dire les faits d'observation directe, de ce qui seulement pourrait être par analogie, les inductions théoriques, parfaitement légitimes du reste, devant toujours être nettement séparées des faits d'observation. L'avenir jettera peut-être une pleine lumière sur ces questions difficiles, qui doivent être examinées tranquillement, au plus près des faits. Les résultats obtenus concorderont certainement avec ceux que pourra fournir d'autre part un examen nouveau, indépendant et très attentif, de la question de l'espèce.

Ultra-darwinisme. — La science naît de l'application des lois de la raison à l'étude des phénomènes, en sorte qu'un élément rationnel est toujours joint aux données expérimentales. D'autre part la science, en discutant la valeur des hypothèses n'a pas à se préoccuper de leur origine. Mais nous pensons que des vues *à priori* sur la nature des choses et sur le monde ne doivent jamais être introduites dans les sciences d'observation. A ce titre,

nous déplorons que la question de l'origine des espèces ait été mal à propos compliquée par l'introduction d'éléments philosophiques ou religieux étrangers à la science de la nature. La faute ne saurait être imputée à Darwin lui-même. Elle incombe d'une part à quelques-uns de ses plus violents contradicteurs, de l'autre à d'ultra-partisans qui ont cru voir dans les vues du célèbre naturaliste anglais une démonstration suffisante de leurs propres conceptions philosophiques, tandis qu'ils retrouvaient simplement le grain qu'ils avaient mis dans l'interprétation des paroles du maître.

Au premier abord on croit voir toute une philosophie dans le système de Darwin, qu'il suffit de généraliser en retranchant ce qui gêne. Les variétés se produisent au hasard et indifféremment, parce que toutes les combinaisons possibles doivent nécessairement se produire ; mais celles-là seules subsistent qui concordent avec l'ensemble. Donc finalement l'harmonie peut naître du hasard. Si l'on généralise davantage, on finira par admettre avec Démocrite que, de la combinaison fortuite des atomes, a pu naître graduellement le monde actuel.

Nous demandons à notre tour : Que nous apprend Darwin ? Suivant lui, les espèces peuvent naître de la combinaison de trois facteurs : la loi d'hérédité, celle de la divergence des caractères et la sélection. Les deux premières lois ne sont autre chose, pour le moment, que l'expression de faits constants et harmoniques, le processus physique de ces lois étant absolument inconnu : nous ne savons pas ce qu'elles renferment, nous ne saurions annoncer en détail ce qu'elles vont produire. Ces lois, simplement morphologiques, ne sont pas plus connues dans leur nature que toutes celles dont l'expres-

sion se renferme dans un type ou dans une simple finalité. La loi de divergence des caractères, qui ne résulte ni de la concurrence vitale, ni des influences extérieures, pourrait aussi bien renfermer à elle seule le vrai principe essentiel de l'origine des êtres, la sélection jouant le rôle d'un principe secondaire d'adaptation. Si quelqu'un affirme que les caractères des variétés divergent au hasard, l'affirmation est gratuite, car le fait n'a jamais été démontré, et dans les sciences le hasard ne se présume même pas, c'est la loi qui se présume.

Admettons que, par impossible, il soit un jour démontré que le hasard préside à la formation des types originels, alors la philosophie *ultra-darwiniste* aurait une base, et partant de là on serait mieux placé pour défendre la doctrine selon laquelle le monde résulte de la combinaison fortuite des atomes. Cependant la démonstration de cette théorie resterait incomplète aussi longtemps que l'on n'aurait pas montré, selon les règles de la physique générale :

a) Quelles formes, qualités et distribution des atomes il est nécessaire de supposer au point de départ.

b) Comment les combinaisons possibles de ces atomes pourraient donner lieu à un monde identique au monde actuel.

Nous ne savons, mais il nous semble que ce monde virtuellement contenu avec tous ses détails dans le grand rassemblement des atomes primitifs, et qui va sortir de cet assemblage en tirant la ficelle du temps, soulève les mêmes problèmes que le monde actuel, en sorte que la peine que l'on se donnerait pour se passer d'un Créateur à l'aide de ces théories, serait en fin de compte bien mal récompensée. L'intervention du hasard constituerait d'ail-

leurs une difficulté très sérieuse de plus, car il est sans doute plus facile de construire un palais avec des dés, qu'il ne pourrait l'être de *faire des dés* qui jetés en l'air au hasard retombent en formant toujours *un palais*, comme cela arrive dans toutes les sphères du monde physique. S'il y a dans l'univers une intervention du hasard, elle est peut-être de cet ordre.

Nous concluons en réclamant contre l'introduction inutile et presque toujours funeste des opinions philosophiques dans les sciences naturelles. Voulez-vous que les résultats généraux des sciences de la nature puissent servir un jour à résoudre les problèmes de la philosophie, eh bien, n'introduisez dans vos recherches aucun *à priori* philosophique, car alors vous retrouveriez seulement ce que vous avez mis, et le témoignage de la science perdrait toute valeur générale. Une opinion philosophique introduite dans les recherches d'histoire naturelle est comme une pierre dans un organisme vivant; il faut que l'organisme réagisse fortement contre le corps étranger, jusqu'à ce que la pierre soit éliminée.

Formes de langage. Darwin. — Nous ne considérons pas comme introduction d'un élément étranger dans la science, l'expression occasionnelle de sentiments religieux ou philosophiques, lorsque les idées correspondantes ne sont pas mises dans la chaîne des déductions. Le savant a le droit de rester homme.

Nous pensons aussi que l'on ne saurait accuser un naturaliste de mettre des mots à la place des choses, lorsqu'il emploie comme expressions abrégées, des personnifications ou des figures dont le sens est suffisamment précisé par l'ensemble du discours. Il suffit de mettre la définition que l'auteur eût donnée, à la place du

mot qu'il a employé pour établir le juste sens des textes. Nous faisons cette remarque parce qu'il nous semble que Darwin a été injustement accusé de ce chef, soit en France soit en Allemagne.

Les travaux de Darwin sur la question de l'origine des espèces comprennent deux ordres de considérations et de faits : les uns tendent à justifier la théorie de l'*évolution* en montrant comment la distribution géographique des êtres, leur succession dans les temps géologiques et leur développement embryonnaire s'expliquent ou se lient admirablement entre eux dans la théorie de l'évolution. Ce premier chapitre est le riche contingent apporté par Darwin à la théorie générale de l'évolution.

Le second chapitre de l'œuvre de Darwin se rapporte au *comment* de la transformation des espèces, et comprend lui-même deux parties bien distinctes : la première est une étude préliminaire et très importante des lois de la variation, destinée à servir de point d'appui à la seconde partie.

Celle-ci peut se résumer dans l'affirmation, contestée par beaucoup de naturalistes, que les espèces ne diffèrent pas essentiellement des races ; et dans cette autre affirmation non moins contestée, que la sélection joue un rôle prépondérant dans la formation des espèces.

Nous appelons *hypothèse de Darwin* l'ensemble de ces deux affirmations, c'est-à-dire les vues générales du savant anglais sur le mode de transformation des types spécifiques. Nous distinguons de cette hypothèse le *Système de Darwin*, comprenant les raisons et les faits apportés ou recueillis par Darwin en faveur de la théorie de l'évolution, et l'ensemble des travaux de cet éminent naturaliste sur la question de l'origine des espèces.

Nous pensons avec d'autres que la gloire scientifique de Darwin ne serait guère amoindrie, même s'il était démontré un jour que l'*hypothèse de Darwin* fût une erreur.

4. *Bases de la théorie des germes. Comparaisons.* — L'idée de l'évolution, jointe à celle de l'individualité des espèces, conduit naturellement à la théorie des germes. Un exemple très simple, pris dans le règne végétal, montrera comment l'analogie directe conduit presque nécessairement à cette théorie.

Chacun sait que toute plante a deux modes de reproduction, l'une par bourgeons et l'autre par graines. Le bourgeon qui fournit les divers modes de multiplication par boutures, marcottes, greffes, bulbilles, etc., donne lieu à des individus qui ressemblent presque en tout à l'individu maternel. En se reproduisant par bourgeons, la plante se répète, se multiplie, mais elle ne sort pas d'elle-même, elle ne réalise aucun type nouveau. Ici le résultat est très simple, le moyen mis en œuvre ne l'est pas moins, car un bourgeon se forme par le simple développement d'un groupe de cellules préexistantes de la tige, qui travaillent plus que les autres, et dont l'ensemble s'individualise et devient finalement séparable.

Maintenant le problème change : la plante va produire quelque chose de nouveau, de nouveaux types qui sans doute seront compris dans le type général de l'espèce, mais qui devront constituer cependant autant de *variétés* distinctes, c'est-à-dire autant d'individualités d'ordre inférieur à l'espèce, mais supérieur aux individus ordinaires, dont elles ne seront pas de simples répétitions. Or, il est plus difficile de produire quelque chose de nouveau que de répéter simplement ce qui existe; donc le but sera plus complexe et d'ordre plus élevé.

Eh bien, les *moyens* seront aussi plus complexes et différents ; il faudra l'édifice singulier de la *graine*, et la *fleur* qui est l'appareil destiné à former la graine et l'embryon. Le problème de la nutrition de l'être nouveau semble n'avoir pas changé, et cependant les moyens simples de nutrition du bourgeon sont abandonnés et remplacés par des moyens nouveaux. En même temps, le système entier de la reproduction est changé et rendu beaucoup plus complexe : la nature semble nous montrer elle-même combien il lui en coûte pour former des individus réellement nouveaux.

Supposons maintenant qu'il s'agisse de former non plus une simple variété, mais une *espèce*, c'est-à-dire selon le point de vue que nous avons admis par hypothèse une individualité indépendante, aussi différente de la variété que la variété elle-même peut l'être de l'individualité d'où elle procède. L'analogie stricte nous dit que nous verrons s'organiser un nouveau mode de reproduction plus étendu et plus complexe que celui de la graine, et qui amènera la formation de *germes d'espèces*. Les individus résultant du développement de ces germes se reproduiront par bourgeons et par graines, en conservant le type spécifique.

La théorie des germes, établissant un lien particulier de succession généalogique entre les êtres, explique en gros comme le darwinisme tous les faits de succession géologique, de distribution géographique, d'atavisme, d'homologie et de développement. Mais le principe d'explication n'étant pas identiquement le même, les conséquences diffèrent dans les détails.

Par exemple la théorie des germes suppose comme le darwinisme des formes géologiques de transition, mais

elles seront beaucoup moins nombreuses que dans la théorie de la descendance, les sauts d'espèces, ou de types plus généraux encore que les espèces, remplaçant ceux de variétés. Les variétés existeront avec une signification différente, ne formant plus une immense chaîne ininterrompue et nécessaire entre les espèces, mais se jouant autour des types spécifiques. La probabilité que de nouvelles découvertes paléontologiques amènent des types déjà connus ou plus ou moins nouveaux, ne sera pas la même dans les deux théories. Dans la théorie des germes, l'apparition simultanée d'un ensemble d'espèces formant comme l'épanouissement de plusieurs types, sera le cas ordinaire, parce que les germes d'espèces ne s'organisent pas en tous temps, mais seulement sous l'influence de conditions spéciales. Dans la théorie de la descendance et des actions lentes, les espèces devraient se montrer généralement une à une et comme éparses dans la série des âges. Sur ces différents points notre théorie s'accorde le mieux, nous semble-t-il, avec les faits d'observation immédiate.

L'hypothèse de Darwin qui suppose nécessairement toutes les transitions possibles, par sauts de variétés, dans les temps géologiques, explique par de nombreuses extinctions les hiatus qui existent entre les groupes, dans le monde actuel. Ces hiatus sont expliqués dans la théorie des germes soit par l'absence des souches primitives, soit, avec Darwin, par l'extinction d'un certain nombre de types, et nous avons deux ressources au lieu d'une seule.

Les lois de la formation des *germes spécifiques* doivent offrir naturellement quelques analogies avec celles qui président à la formation des œufs et des graines, mais les premières auront un caractère plus général et une portée plus étendue.

Le germe qui s'organise représente en quelque sorte un état de désagrégation temporaire de l'être; c'est à l'état de germe que l'être peut recevoir le plus efficacement l'empreinte des influences extérieures, qui seront de diverses natures. Les influences du milieu ambiant agissant par l'intermédiaire de l'organisme procréateur et suivant les lois d'hérédité et de corrélation des caractères, pourront influer sur les caractères d'adaptation. La variation qui ne sort pas du type spécifique reste d'ailleurs tout entière au service de l'adaptation, comme dans la théorie de Darwin.

Mais nous pensons que la variété des types spécifiques est due, avant tout, à l'action d'une cause intérieure inconnue, qui travaille dans un sens déterminé et pousse à la production de nouveaux types. Nous aimons mieux garder simplement cette inconnue que d'accepter des explications enfantines, absolument insuffisantes, et dont aucun physicien, s'il y pense sérieusement, ne voudra jamais se contenter.

Nous pouvons concevoir que dans le processus général du développement des types, des organes parfaitement inutiles à l'espèce qui les possède soient conservés par *atavisme* ininterrompu, c'est-à-dire par hérédité, comme l'entend Darwin, et de plus par suite d'une loi d'économie analogue au principe mécanique de la moindre action. La mécanique industrielle offre des exemples semblables, de parties sans utilité dans un produit, mais utiles dans un autre produit connexe, et qui sont conservées par économie générale de fabrication.

La durée de l'évolution paléontologique est beaucoup abrégée dans la théorie des germes, où le développement général ne marche pas avec le secours du bâton de

l'aveugle, tandis que l'on peut se demander très sérieusement si la période de refroidissement du globe, depuis le moment où il commença d'être habitable, suffirait à l'évolution darwinienne.

La lutte qui se poursuit entre les *espèces* dans les temps géologiques, paraît l'emporter de beaucoup en intensité et en grandeur sur celle qui aurait eu lieu entre les variétés. Il semble qu'il se soit joué dans ces temps primitifs un grand drame dont nous n'avons pas la clef, et qui aurait encore une autre signification que la formation des espèces actuelles. Dans l'étude du processus physiologique de ce développement, les interruptions violentes, les sauts fréquents semblent l'avoir souvent emporté sur le développement paisible. Les apparences immédiates seraient donc plutôt favorables à la théorie des germes. On peut objecter contre cette dernière théorie qu'il n'y a pas de faits pour la justifier, mais seulement des analogies tirées des modes actuels de reproduction. On verra ci-après que selon nos vues il ne peut en être autrement dans l'époque actuelle de la vie du globe. La théorie de la descendance s'appuie de même sur l'analogie de la formation actuelle des races, pour appliquer cette analogie à la formation ancienne des espèces; car il n'est pas possible de citer une seule espèce, admise généralement comme telle, et qui soit résultée expérimentalement des moyens de production que la théorie darwinienne indique. Cependant la production d'espèces nouvelles au temps actuel, inadmissible dans la théorie des germes telle que nous l'avons comprise, serait au contraire parfaitement admissible dans la théorie de la descendance.

EXPOSITION SYSTÉMATIQUE DE LA THÉORIE DES GERMES

Comment serait-il possible de faire concorder la théorie de l'évolution avec la doctrine de l'individualité des espèces ?

Laissons-nous instruire par la nature elle-même.

Veut-elle produire des types nouveaux, elle organise un système de reproduction en rapport avec la nature propre et l'étendue des types à produire.

Il en est ainsi pour le type *quasi-identique* du bourgeon ou gemme, et pour celui plus indépendant de la variété, comme nous l'avons rappelé ci-dessus.

Donc l'analogie nous apprend que s'il fallait produire des types supérieurs aux variétés elles-mêmes, c'est-à-dire de nouvelles espèces, individus d'ordre supérieur et très différents de ceux d'où ils sortent, la nature organiserait un mode de reproduction *plus puissant que l'ordinaire*, et proportionné au but qu'il s'agit d'atteindre.

Dans l'état actuel de la science, il n'y a pas beaucoup de hardiesse à parler de modes inconnus de reproduction; car l'observation attentive des êtres inférieurs, chez lesquels beaucoup de choses s'ébauchent ou se préparent, a révélé des modes de reproduction longtemps inconnus, singuliers et multiples, quelquefois accumulés par trois ou quatre différents chez le même être. L'observation des êtres inférieurs a montré aussi quelle est l'influence extraordinaire des milieux sur les métamorphoses, qui sont un genre spécial de renouvellement ou de résurrection.

De plus on a constaté le fait que certains modes de reproduction, relativement supérieurs, par exemple l'oviparité chez les hydres, ne se montrent parfois qu'à d'assez

longs intervalles, et lorsque des circonstances particulières les favorisent. Le célèbre naturaliste genevois Trembley, dans le dernier siècle, a étudié durant plusieurs années et avec une sagacité admirable la reproduction par bourgeonnement des hydres, et il a vu leurs nombreuses générations se succéder dans ses bocaux, sans se douter jamais que ces animaux, dans certaines circonstances, peuvent aussi rompre la chaîne de leur passé en devenant pour un jour ovipares.

Nous ne voyons pas à l'œuvre aujourd'hui le mode de reproduction qui donne lieu à des espèces nouvelles, parce qu'il ne se forme pas de nouvelles espèces à l'époque actuelle qui n'est pas un temps de formation, mais de simple développement. Ceci exige quelques mots d'explication.

Sur la doctrine des crises. — Les naturalistes du temps de Cuvier ont abusé de la doctrine des crises, en affirmant la destruction complète de tous les êtres et le renouvellement complet de la flore et de la faune du globe, durant chacune des époques palingénésiques.

Je pense qu'aujourd'hui, par réaction contre les doctrines trop absolues de l'école de Cuvier, nous sommes tombés dans une erreur inverse et non moins grande, en imaginant que tout s'est passé dans les temps anciens absolument comme de nos jours; que les Alpes, par exemple, se sont tranquillement soulevées, et les espèces insensiblement transformées les unes dans les autres. C'est là le courant d'idées que le géologue anglais Lyell a fait prévaloir, courant qui embrasse naturellement le darwinisme.

On dit, pour justifier cette doctrine, qu'elle est éminemment philosophique; mais il y a peut-être dans cette

affirmation une confusion d'idées. Nous pouvons admettre que les causes primitives de changement sont les mêmes aujourd'hui et dans les temps anciens; là est l'idée philosophique, c'est-à-dire l'unité. Mais les effets accumulés de ces causes primitives peuvent être très différents à deux moments donnés, et même se traduire en bouleversements périodiques. Un être qui ne vivrait que quelques semaines et qui durant ce laps de temps ne verrait que des hommes d'âge mûr, se douterait-il de la naissance et de la mort? Nous voyons cependant le développement des êtres s'accomplir à travers de pareilles *crises*, et cela ne nous empêche pas de croire à l'unité des causes de la vie physique; comment serions-nous empêchés sous prétexte de philosophie, de penser que dans le développement des individus-espèces et dans celui de la terre elle-même, il peut se rencontrer aussi des périodes de transformation et de renouvellement?

Deux grands motifs, l'un expérimental et l'autre théorique, me persuadent qu'il en est effectivement ainsi.

Le motif expérimental c'est que la structure du sol et les débris qu'il renferme parlent *immédiatement* en faveur de révolutions successives et de transformations brusques, en sorte qu'il devient nécessaire de faire intervenir de nombreuses inconnues et de remplir avec l'imagination d'innombrables pages blanches, pour adapter tolérablement les faits à l'hypothèse d'un développement insensible.

Je me souviens d'avoir entendu l'un des plus grands naturalistes de notre époque, L. Agassiz, dire, à propos de Lyell, que si ce géologue eût passé les années de sa jeunesse au milieu des Alpes, au lieu d'avoir vécu parmi les collines paisibles de l'Angleterre, à cette époque de

la vie où les idées dominantes se forment, Lyell serait venu dans la science avec de tout autres doctrines que celle du développement paisible de la terre.

Une raison de l'ordre théorique me confirme dans la pensée que le développement général du monde s'est opéré par transformations brusques, longuement espacées, ou mieux par des époques de développement graduel interrompues par des crises de renouvellement. Cette raison je la tire du principe expérimental provisoire de l'économie des moyens, combiné avec la notion semi-expérimentale du progrès.

L'ensemble des organes dans chaque être particulier, et l'ensemble des existences dans le monde visible, sont évidemment soumis à des lois d'harmonie qui seules rendent possible le fonctionnement de la totalité. Si, pour amener le progrès, quelques éléments essentiels doivent apparaître ou changer, toute une série de modifications coordonnées devront changer en même temps d'une manière harmonique. Or, dans le cas où ces changements auraient lieu par gradations insensibles à travers toutes les formes intermédiaires, la nature se traînerait d'un type à l'autre, d'un état harmonique à un autre état harmonique à travers de nombreux intermédiaires imparfaits et des temps sans fin.

Mais le temps peut être abrégé par des transitions brusques, par des époques palingénésiques où tout est mis en liquidation et en partie refait dès le moule, sans gêne pour ce qui existait auparavant. Ainsi le principe expérimental de l'économie des moyens, appliqué au temps qui est le moyen général du progrès, conduirait à l'idée d'un développement du monde interrompu et hâté par des transformations brusques. Il m'est impossible de ne pas voir cette

loi écrite partout, dans la nature et dans l'histoire, en caractères de douleur et d'espérance, de mort et de renouvellement.

De même que Lyell a trouvé dans l'idée du développement lent un principe universel qui a pu s'appliquer également à la terre et aux êtres vivants qu'elle porte, de même je crois trouver dans l'idée du développement palingénésique ou crisiaque un principe également général applicable à la terre, aux animaux et aux plantes; voici comment j'imagine que ce principe est mis en œuvre.

Mode de développement des germes d'espèces. — Après de longues périodes de tranquille développement, il survient des époques de crise durant lesquelles toute la nature est comme en travail. Mais l'ébranlement ne se produit pas partout avec la même intensité : ici la crise est à peine sensible, là un peu plus intense. Dans *une seule région*, différente d'une époque palingénésique à l'autre, la crise atteint la plénitude de son intensité. Dans cette région de combat, au milieu des changements violents qui surviennent dans la nature morte, la plupart des espèces animales et végétales sont détruites; quelques-unes s'étaient déjà éteintes spontanément dans la période antérieure de repos. Sous l'influence des mêmes causes générales profondes qui amènent la crise, les nouveaux modes de reproduction sont complétés ou mis en jeu. Ainsi se dispersent dans les eaux et dans le sol les germes de nouvelles espèces d'animaux et de plantes, qui ne tardent pas à se développer à l'aurore des temps nouveaux, lorsque le calme renaît.

De leur berceau, qui est la région de combat, les espèces nouvelles se répandent graduellement dans les contrées d'alentour, qui donnent en échange quelques-unes

de leurs anciennes espèces. Ainsi se forment les régions botaniques et zoologiques dont chacune a son âge distinct, étant le résultat final d'une palingénésie.

Telle est, dans ses termes les plus généraux, l'hypothèse que j'ai proposée en 1851 [1] pour expliquer l'origine des espèces et le développement palingénésique des êtres. Cette hypothèse concilie l'idée de l'évolution avec celle de l'individualité des espèces. Elle enchaîne les mêmes faits que la théorie de Darwin, sans exiger comme celle-ci des temps sans fin et d'innombrables formes intermédiaires dont on ne retrouve plus de traces. De plus la théorie des germes s'accorde le plus immédiatement possible avec l'ensemble des faits aujourd'hui connus, mais elle n'a pas été développée comme cela eût été nécessaire pour fixer l'attention des naturalistes.

En tous cas, à défaut d'autre mérite, l'hypothèse dont je viens de rappeler les bases offre celui de n'être pas une sorte de demi-concession faite à la mode actuelle des idées darwiniennes, puisque, lorsqu'elle fut émise, M. Darwin n'avait pas encore publié son ouvrage, qui parut en 1859, huit années après l'impression de notre mémoire, qui est également antérieur aux travaux de Naudin (1852) et de Kölliker (1864).

Parmi les questions que soulève notre théorie de l'origine des espèces, la suivante a été traitée dans notre mémoire de 1851 : Peut-on se faire quelque idée de ce que dut être un procédé de reproduction capable de donner lieu à de nouveaux types spécifiques?

[1] *Dissertation sur la nature du lien des Faunes paléontologiques successives, avec l'indication d'une nouvelle hypothèse sur ce sujet*, par M. Thury. *Bibliothèque universelle de Genève*, *Archives des sciences physiques et naturelles*, n° du 17 juillet 1851.

Ici les analogies sont lointaines, et les inductions absolument provisoires.

Il n'existe d'ailleurs qu'un seul moyen d'obtenir quelque probabilité sur cette question : c'est de noter les différences qui existent entre la reproduction par gemmes, qui donne lieu aux types quasi-identiques, et la reproduction par graines ou par œufs qui produit des types plus indépendants. Il suffira ensuite de prendre à une plus haute puissance toutes les causes qui influent favorablement sur l'indépendance des types. Ces causes sont au nombre de trois principales.

1. Premièrement, les cellules du bourgeon sont déjà développées comme cellules intégrantes de l'un des organes de la plante mère, au moment où elles deviennent les premières cellules du gemme. Au contraire, dans la graine et dans l'œuf, les premières cellules de l'embryon s'organisent dès l'origine selon leur destination propre. Je conclus de là que la détermination des éléments qui préparent un nouveau type est d'autant plus originelle, et commence d'autant plus tôt que le type lui-même est plus fondamental ou de caractère plus indépendant. Ainsi le type spécifique nouveau, l'espèce nouvelle sera préparée de longue main dans l'espèce souche.

2. Le second caractère par lequel la graine se distingue du bourgeon, c'est que la formation de l'être nouveau dans la graine et l'œuf exige le concours et l'action réciproque des deux éléments mâle et femelle dont l'opposition, la séparation, s'est produite comme préambule très anticipé de la formation du nouvel être, et dont l'union donne lieu, comme conséquence finale, à la combinaison des deux types maternel et paternel. Rien de semblable lorsqu'il s'agit du bourgeon où l'influence locale

existe seule. S'agit-il de la formation d'espèces nouvelles, on peut croire que des influences beaucoup plus éloignées encore et d'un genre inconnu, agissantes entre des êtres très différents, interviennent dans l'organisation des germes pour amener des combinaisons nouvelles entre des types éloignés, ce qui expliquerait peut-être ces ressemblances singulières d'espèces remarquées par Linné et d'autres naturalistes, qui avaient cru à des hybrides.

3. Le troisième caractère qui distingue le bourgeon de l'œuf, c'est le mode de nutrition qui est immédiat dans le bourgeon et médiat dans la graine et l'œuf; c'est-à-dire que le bourgeon est nourri comme un simple organe, tandis que dans la graine et l'œuf, l'être nouveau trouve une nourriture indépendante, offrant aux points de vue organique et chimique un caractère général. Il ne serait donc pas impossible que dans la formation de nouvelles espèces, la nourriture du germe fût encore plus indépendante de la souche, c'est-à-dire de l'être ancien, étant fournie durant une certaine période de la vie du germe par des organismes particuliers, indépendants et temporaires, spécialement appropriés à la fonction nourricière, à la manière du prothallus de certaines plantes cryptogames.

En résumé on pourrait peut-être se figurer à peu près de la manière suivante comment les espèces nouvelles sortent des espèces anciennes.

Aux époques palingénésiques de la terre il se fait dans quelques individus un lent travail d'élaboration de germes d'ordre spécial, qui s'organisent sous l'influence de *causes internes* préparées durant plusieurs générations et de *causes externes* résultant soit d'une action particulière d'espèces différentes, soit de l'influence du milieu ambiant.

Ces germes sont mis en liberté par la mort des êtres, et ils se développent en vertu de leur force propre à l'aurore des temps nouveaux qui succèdent aux époques de crise.

Alors toutes les phases de l'être *complet* sont successivement parcourues; c'est pourquoi le germe qui devra fournir un animal se développe d'abord comme plante, laquelle combine, rassemble, élabore la matière organique nécessaire pour le développement de l'animal. En réalité l'animal isolé n'est pas un être organisé complet, puisqu'il est incapable de former lui-même de la substance organique, et la reçoit de la plante. Aujourd'hui l'animal et la plante sont séparés et matériellement distincts, mais si la plante ne trouve sa raison d'être complète que dans l'animal, celui-ci à son tour ne forme un organisme complet que dans son union avec la plante. Ainsi partout où le développement de l'animal sera *originel* et *complet,* il devra commencer par une végétation de plante. Je vois aussi dans cette hypothèse un moyen d'expliquer le repeuplement des régions palingénésiques, après la destruction même complète de tous les êtres vivants qui peuplaient ces régions. Au reste ceci et les analogies qui précèdent forment des conséquences naturelles, mais non pas nécessaires, de la théorie des germes.

En résumé :

a. Notre hypothèse sur l'origine des espèces a l'avantage de concilier les vues divergentes de naturalistes d'un égal mérite.

b. Elle repose sur des analogies sérieuses.

c. Si l'on ne peut pas la dire *démontrée,* il en est de même de l'hypothèse de la descendance.

DETERMINATIONS

DE LA

QUANTITÉ DE SUBSTANCES ORGANIQUES

CONTENUES

DANS LES EAUX DU RHONE

PAR

MM. C. GRÆBE et Ph. GUYE

Nous donnons dans le tableau suivant les résultats d'une série d'analyses, qui avaient pour but d'examiner la pureté des eaux du Rhône. Nous avons reconnu de nouveau que la quantité de matières organiques est toujours très petite, et qu'à ce point de vue l'eau du Rhône doit être regardée comme très pure.

Aucune méthode de dosage des matières organiques dans les eaux n'étant parfaitement exacte, nous avons choisi celle qui est le plus souvent employée et qui permet le mieux de comparer la composition de l'eau du Rhône avec celle d'autres eaux. C'est la méthode de Kubel, qui consiste à déterminer la quantité des substances organiques par la quantité de permanganate de potasse qu'elles peuvent décolorer. Cette méthode a été aussi employée par M. Lossier qui l'a décrite dans les *Archives* (t. LXII, page 220).

DATES	Endroits où l'eau a été recueillie.	Oxygène employé pour oxyder les matières organiques dans un litre d'eau.	Matières organiques en gramme par litre.	Température de l'eau.	Hauteur du Limnimètre.	OBSERVATIONS
1881		gr.		o		
24 Juin ..	Jetée des Pâquis.......	0,00303	0,01515	19,1	141,5	Eaux calmes.
»	Machine hydraulique....	0,00313	0,01565	»	»	»
»	Creux de St-Jean.......	0,00323	0,01615	»	»	»
»	Fontaine des Bastions...	0,00205	0,01025	»	»	»
»	Fontaine de St-Jean	0,00247	0,01235	»	»	»
28 Juin ..	Jetée des Pâquis.......	0,00144	0,00720	19,8	158,5	Eaux calmes.
»	Machine hydraulique....	0,00180	0,00900	»	»	»
»	Creux de St-Jean.......	0,00334	0,01672	»	»	»
10 Juillet.	Entre les deux Jetées ...	0,00245	0,01125	17,0	178,0	Eaux calmes.
»	Machine hydraulique....	0,00185	0,00927	»	»	»
»	Jetée des Eaux-Vives ...	0,00243	0,01214	»	»	»
»	Devant le Jardin Anglais.	0,00274	0,01371	»	»	»
14 Juillet.	Maison particulière (eau du Rhône)..........	0,00075	0,00397	—	—	Cas de typhus.
21 Juillet.	Pont du Mont-Blanc	0,00478	0,02391	23,7	201,5	Eaux boueuses après l'orage.
29 Sept...	Jetée des Pâquis.......	0,00325	0,01626	15,2	169,5	Forte bise.
»	Pont du Mont-Blanc	0,00217	0,01084	»	»	»
30 Sept...	Jetée des Pâquis.......	0,00201	0,01006	14,7	166,5	Forte bise.
»	Jetée des Eaux-Vives ...	0,00217	0,01084	»	»	»
»	Pont du Mont-Blanc	0,00191	0,00955	»	»	»
10 Octob..	Jetée des Eaux-Vives....	0,00128	0,00642	13,6	132,7	Eaux calmes.
»	Pont du Mont-Blanc	0,00135	0,00678	»	»	»
12 Déc. ..	Machine hydraulique....	0,00113	0,00565	—	—	—

Les quantités de matières organiques sont assez variables, mais ces variations n'ont lieu qu'entre des limites très restreintes; la moyenne de nos analyses donne 0,01193 gramme de matières organiques par litre d'eau, ou 0,00238 grammes d'oxygène nécessaire pour oxyder ces matières.

Cette moyenne s'accorde très bien avec les analyses faites par M. Lossier en 1877 (*loc. cit.*) :

	Matières organiques.
30 janvier, Machine hydraulique...	0,014920
21 avril, Jetée................	0,014530
31 mai, Jetée................	0,007462
Machine hydraulique....	0,008658
Jonction	0,011196
Ce qui donne une moyenne de....	0,011353

Les analyses de M. Lossier et les nôtres montrent d'une manière générale que la quantité des substances organiques augmente dans l'eau du Rhône dans son parcours à travers la ville, mais cette augmentation n'est pas considérable. Pendant une forte bise nous avons trouvé le contraire. L'eau des fontaines alimentées par la machine hydraulique en renferme moins que l'eau du Rhône. Cette perte en substances organiques est due au dépôt qui se forme dans le réservoir, ou peut-être provient-elle d'une oxydation dans ce réservoir ou dans les tuyaux.

A l'aide du carbazol dissous dans l'acide sulfurique nous avons constaté plusieurs fois que l'eau du Rhône ne renferme que des traces d'acide nitrique ou d'acide nitreux.

Laboratoire de l'Université de Genève, 1881.

PLANTES SÈCHES TROUVÉES SUR DES MOMIES

PAR

M. le D[r] SCHWEINFURTH.

(Extrait d'une lettre du 17 décembre 1881, adressée à M. Edm. BOISSIER.)

Les détails qui suivent sont extraits d'une lettre de M. le D[r] Schweinfurth, le célèbre explorateur de l'Afrique tropicale :

« J'ai examiné les guirlandes qui recouvrent la poi-
« trine de la momie du roi Aames I[er], qui fait partie de
« la grande trouvaille de Deir el Bahari[1]; les guirlandes
« se composent de feuilles du saule égyptien (*Salix Saf-*
« *saf*) pliées deux fois et cousues l'une à côté de l'autre
« le long d'un de ces rameaux qui forment le régime du
« Dattier, de manière à former des agrafes qui retien-
« nent des fleurs isolées insérées entre les plis.

« Ces fleurs pour les guirlandes pectorales du roi
« Aames I[er], sont celles de l'*Acacia Nilotica,* du *Nym-*

[1] M. Schweinfurth fait ici allusion à la découverte faite en juillet 1881 par MM. Brugsch et Maspéro à Deir el Bahari, près de Thèbes, d'un caveau funéraire qui contenait les tombeaux et les momies admirablement conservés de plusieurs des plus illustres et des plus anciens Pharaons, Amenophis I[er], Thoutmes III, Seti I[er], Ahmes I[er] le vainqueur des Hycsos, Ramses II, etc. Ces tombeaux et leurs momies sont maintenant au musée de Boulaq. Voyez le *Journal des Débats* du 18 janvier 1882.

« *phœa cœrulea* en pétales isolés, de l'*Alcea ficifolia,* enfin
« d'un *Delphinium* que je crois être l'*Orientale.* Veuillez
« me faire part de quelques fleurs desséchées de cette
« dernière espèce afin que je puisse être certain de
« l'identité.

« Les guirlandes des autres rois contiennent des
« fleurs du *Carthamus tinctorius* et les feuilles pliées en
« agrafes sont celles du *Mimusops Kummel.*

« On a aussi trouvé des feuilles de la Pastèque com-
« mune (*Cucumis citrullus*) dans le cercueil de Neb Seni,
« grand prêtre de la XXme dynastie.

« Ces feuilles et ces fleurs datent de quelques siècles
« avant l'époque de la guerre de Troie; j'en ai conservé
« un grand nombre en les humectant, les mettant en-
« suite dans l'alcool, puis les étalant et les séchant. Elles
« forment ainsi un petit herbier de trente-cinq siècles de
« durée. Ce qu'il y a de très remarquable, c'est la conser-
« vation de la couleur de la chlorophylle, violette dans
« le *Delphinium,* verte dans la feuille de Pastèque. »

Le *Salix Safsaf,* l'*Acacia Nilotica,* le *Nymphœa cœrulea* croissent encore aujourd'hui spontanément en Égypte, leur aire géographique embrassant aussi l'Afrique tropicale. Le *Mimusops Kummel* n'a été observé de nos jours qu'en Abyssinie. Le *Delphinium Orientale*, espèce de pied-d'alouette très voisine du *Delphinium Ajacis,* l'espèce commune, est répandue dans tout l'Orient, mais paraît se trouver seulement sporadiquement dans l'Afrique septentrionale où elle est cultivée comme plante d'ornement et où elle l'était déjà à cette époque reculée si son identité avec les fleurs des momies est confirmée. Enfin, le *Carthamus tinctorius* est cultivé encore aujour-

d'hui en Égypte et dans tout l'Orient comme plante tinctoriale; on ne le connaît pas spontané, mais M. Alphonse de Candolle pense que sa patrie pourrait bien être le plateau central de l'Arabie heureuse. Indépendamment de la merveilleuse conservation de ces fleurs délicates et de leur couleur, conservation due sans doute à l'absence complète de lumière et d'humidité dans le caveau où elles étaient enfermées, nous avons ainsi un nouvel exemple d'espèces, les unes spontanées, les autres cultivées, et qui, depuis une longue série de siècles, n'ont subi aucune variation.

Edm. BOISSIER.

ÉTUDE

SUR LA

CONSTITUTION CHIMIQUE DES SUBSTANCES ALBUMINOIDES

PAR

M. le Dr A. DANILEWSKY

(Suite.)

J'ai déjà décrit dans des notices antérieures[1] les altérations qu'éprouve la molécule d'albumine par l'action des acides ou des alcalis et qui sont seulement les premiers degrés de toute une série d'actions chimiques auxquelles est soumise la molécule. Les produits de l'action des acides et alcalis peuvent éprouver d'autres altérations partielles, sans que pour cela l'intégrité de la molécule soit détruite, et se transformer en de nouvelles substances; mais ce sont d'autres agents qui produisent ces nouvelles transformations. Les produits ultimes de ces transformations sont les peptones, mais les substances protalbiques et syntoprotalbiques doivent, pour devenir des peptones, subir toute une suite d'actions chimiques. Chaque action chimique peut transformer la molécule chaque fois en un corps distinct, de sorte que toute une série de corps intermédiaires prennent naissance entre la peptone et la substance primitive qui l'a produite.

Au lieu des acides et alcalis, qui ne peuvent former les peptones que s'ils sont concentrés et à une température

[1] *Archives*, V, 305, 431.

élevée, la nature, qui forme des peptones en grande quantité dans les organismes soit animaux, soit végétaux, nous offre, dans les ferments non organisés, un moyen puissant pour opérer très simplement la transformation des corps albuminoïdes. On a ainsi en son pouvoir de discontinuer à chaque moment l'action des ferments ou de les faire agir dans différentes conditions, principalement de température, de quantité de ferment, de neutralité, acidité ou basicité des liquides.

L'existence de corps intermédiaires entre l'albumine et les peptones est une théorie admise depuis longtemps dans ses principaux traits, mais qui s'est développée seulement ces dernières années. Je crois qu'il est nécessaire de faire précéder mes propres travaux d'un court aperçu historique des recherches antérieures.

Le produit de transformation des substances albuminoïdes par la pepsine fut étudié premièrement en 1845 par *Mialhe*[1], mais caractérisé seulement longtemps après par *Lehmann*[2], qui le nomma peptone. Déjà à cette époque, les savants considéraient les peptones seulement comme de l'albumine devenue soluble, se formant probablement par « hydratation » (*Mialhe*) de la substance mère.

De 1859 à 1862, *Meissner*[3] fit une série de recherches sur la formation de la peptone au moyen de la pepsine, recherches par lesquelles il s'efforçait de prouver que les substances albuminoïdes se séparaient premièrement en « parapeptone, » insoluble dans l'eau, et en

[1] *Hermann's Handbuch der Physiologie*, Bd. V, Th. I, R. Maly, p. 94.

[2] Ibid.

[3] *Zeitschr. für rationnelle Medicin*, Bände VII, VIII, X, XIV.

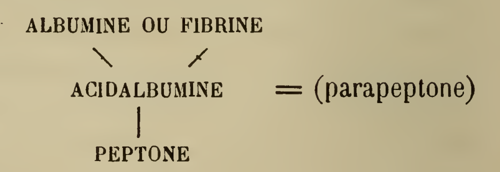
peptones solubles. La parapeptone ne devait pas pouvoir se transformer en peptone. C'était une erreur ; ce que du reste prouvèrent d'abord *Brücke*[1], puis ensuite *Hammarsten*[2], *Finkler*[3] et d'autres.

Ces savants montrèrent que la parapeptone de Meissner était semblable au corps nommé acidalbumine ou syntonine et n'était pas autre chose que le produit de transition des substances albuminoïdes aux peptones.

Ainsi fut écartée la théorie d'une scission des substances albuminoïdes lors de leur peptonification par la pepsine. L'acidalbumine est très voisine par ses propriétés de la substance de laquelle elle dérive et ne possède encore aucun des caractères des peptones.

Parmi les produits de la digestion qui ressemblent aux peptones, *Meissner* a admis trois corps, les peptones *a, b, c,* dont les deux premiers se transforment dans le dernier pendant la digestion. Comme on ne possédait ni réactions sûres pour les distinguer, ni méthodes pour les séparer, les peptones de Meissner furent peu à peu oubliées, et actuellement c'est à peine si les auteurs croient devoir en faire mention.

C'est pourquoi R. *Maly*[4] donne le schema suivant pour la peptonisation par la pepsine :



[1] *Sitzungsber. d. Wiener Acad.*, XXXVII.
[2] *Jahresbericht über d. Fortschr. d. ges. Medic.*, 1867. I.
[3] *Jahresber. d. Thierchemie*, V, 1875.
[4] *Hermann's Handbuch der Physiologie*, Bd. V, Th. 1, p. 99.

Ces dernières années, on découvrit une nouvelle substance intermédiaire entre l'albumine et la peptone. Nous aurons plus tard l'occasion de revenir à ce produit qui fut nommé « *propeptone.* »

La formation des peptones sous l'influence de la trypsine a été beaucoup moins bien étudiée; pourtant, divers auteurs ont remarqué que, dans cette action, les substances albuminoïdes se transforment aussi peu à peu en peptones, et que le produit intermédiaire, analogue à l'acidalbumine, possède quelquefois le caractère d'un albuminate et d'autres fois celui d'une globuline.

Si la théorie de la scission d'une substance albuminoïde, pendant la première période de la digestion, est complètement abandonnée, en ce qui concerne la digestion sous l'influence de la pepsine, la peptone obtenue n'étant plus considérée que comme de la substance albuminoïde liquéfiée, W. *Kühne*[1] a cependant de nouveau proposé la théorie du dédoublement pour l'action de la trypsine. En effet, il soutient que l'albumine est aussitôt partagée en deux parties hétérogènes, dont chacune doit se transformer en une peptone correspondante (hémi- et antipeptone).

Avant que je fasse part de mes recherches, il me reste à traiter deux questions importantes. Premièrement : toutes les peptones formées par des ferments différents, agissant sur diverses substances albuminoïdes, sont-elles semblables les unes aux autres? Jusqu'à présent, aucun auteur n'a relevé la non-identité des peptones obtenues par divers ferments agissant sur la même substance, bien

[1] *Hermann's Handbuch der Physiologie*, Bd. V, Th. 1. R. Maly, p. 204.

plus, on les a considérées comme identiques et pourtant nous verrons plus tard qu'il est impossible de les confondre.

Les peptones, qui dérivent de substances albuminoïdes différentes, quoique absolument semblables par leur solubilité et leur mode de précipitation, diffèrent cependant par leur composition centésimale, dans le même rapport que les substances primitives correspondantes.

Le second point qu'il faut examiner se rapporte aux propriétés spéciales des peptones qui doivent permettre de les distinguer des substances analogues. Déjà depuis *Lehmann*, on a pu se convaincre que les peptones préparées convenablement possèdent les mêmes propriétés fondamentales et donnent les mêmes produits de décomposition et les mêmes réactions chimiques que les substances qui les ont fournies. La différence entre les deux classes de corps consiste seulement en ce que l'albumine perd, en se transformant en peptone, son insolubilité dans l'eau et l'alcool, et n'est plus précipitée par certains sels métalliques.

Depuis Lehmann, on entend par peptone une substance représentant le dernier terme de la digestion, c'est-à-dire le dernier produit de transformation d'une substance albuminoïde sous l'influence des ferments digestifs. Maintenant nous devons encore ajouter que ce produit final doit contenir tous les groupes d'atomes de l'albumine, car, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, la peptonisation s'effectue sans scission de la molécule. Donc une substance ressemblant à la peptone, mais ne renfermant plus tous les groupes d'atomes de la substance primitive, c'est-à-dire ne donnant plus comme elle tous les mêmes produits de décomposition, ni toutes les

mêmes réactions, cette substance ne doit plus être nommée peptone, bien qu'elle ait été formée sous l'influence de ferments digestifs.

Nous indiquerons plus loin plusieurs faits prouvant qu'aussi longtemps qu'il ne s'est produit aucune scission de la molécule d'albumine, les produits ultimes de l'action des ferments sont des peptones, mais laisse-t-on agir les ferments sur les peptones une fois formés, ils se scindent alors.

C'est pourquoi la peptone possède la même composition centésimale que sa substance mère, ce qui du reste avait été déjà affirmé par Lehmann et confirmé ces dernières années.

Nous appuyant sur ce qui vient d'être exposé, nous admettons que *la peptone contient tous les groupes d'atomes de sa substance mère.*

Cette thèse trouve encore un appui dans l'action physiologique, car on a prouvé par des essais de nourriture sur des animaux que la peptone ingérée, provenant d'un corps albuminoïde vrai, est de nouveau transformée dans l'organisme en substance albuminoïde, tandis que la glutine, à laquelle manquent plusieurs groupes d'atomes (par exemple le groupe de la tyrosine) ne peut se transformer en albumine (*Maly, Plosz, Adamkievitz*).

La définition ci-dessus permet de ne plus confondre la vraie peptone avec les produits de dédoublement qui lui ressemblent. Il faut ajouter qu'il y a cependant des corps qui, sous plusieurs rapports, sont semblables à la peptone, cadrant bien avec les exigences de la définition et qui pourtant ne sont pas des peptones et ne doivent pas être nommés ainsi.

Nous verrons bientôt qu'il existe des produits intermé-

diaires entre l'albumine et la peptone, caractérisés par des réactions différentes. Ces substances intermédiaires, ressemblant aux peptones, se rapprochent tantôt de l'albumine et sont alors précipitées comme elle par les réactifs, tantôt ces substances sont plus rapprochées des peptones et ne sont plus alors précipitées par les sels métalliques (excepté par le sublimé corrosif).

Aussi, pour éviter toute confusion [1], j'entends désormais par *peptone, une substance qui, tout en gardant dans sa molécule tous les groupes d'atomes de la substance qui l'a produite, s'en distingue cependant par une réaction acide au tournesol, par sa non-précipitation par les sels métalliques, et par sa solubilité dans l'eau froide et l'alcool.*

Le résultat de mes recherches [2] est que la pepsine et la trypsine peuvent fournir dans des circonstances favorables, les mêmes substances protalbiques et syntoprotalbiques avec l'albumine d'œuf, que celles qui se forment par l'action des alcalis et des acides sur la même substance. La différence entre les deux modes d'action consiste en ce que les ferments réagissent bien plus facilement et qu'ils transforment l'albumine d'abord en ces dérivés intermédiaires et enfin en peptones.

Pendant bien des années, j'ai pu me convaincre par d'innombrables recherches que la pepsine seule peut former les substances syntoprotalbiques, tandis que la trypsine ne forme que les substances protalbiques, mais que jamais l'inverse n'a lieu ; en outre, les peptones obtenues

[1] Voir la critique de M. R. Maly contre MM. Adamkievitz et Peckelharing (*Jahresber. d. Thierchemie*, Bd. X, 1881, p. 31-32).

[2] Cette théorie de la peptonisation au moyen de la pepsine et de la trypsine a paru, il y a deux ans, dans le *Journal de la Société russe de Chimie*, à St-Pétersbourg (année 1880, livraisons 3 et 4).

comme produits ultimes ne sont pas absolument identiques dans ces deux cas de digestion.

Chaque ferment forme donc aux dépens de l'albumine une série de produits digestifs qui lui est propre, série formée de plusieurs substances intermédiaires avant d'arriver à la peptone. Comme je n'ai employé pour mes recherches qu'une seule et même substance albuminoïde, ces différents produits digestifs montrent combien est différente l'action des ferments.

Enfin, je démontrerai que la trypsine donne des produits différents suivant qu'elle agit dans des solutions alcalines ou dans des solutions acides.

Je reconnais *trois types de digestion, ou mieux de peptonisation.* Ces types sont les suivants :

1er type, peptonisation par la pepsine et l'acide chlorhydrique;

2me type, peptonisation par la trypsine et les alcalis;

3me type, peptonisation par la trypsine et les acides.

1er TYPE

Peptonisation par la pepsine en présence d'acide chlorhydrique.

L'albumine β récemment précipitée se gonfle très facilement dans l'acide chlorhydrique dilué (0,2—0,5 °/₀), et se liquéfie très vite par l'addition de pepsine, surtout si l'on opère à une température de 30-40° ; l'albumine est peptonisée peu à peu.

Le cours de tels essais de digestion a déjà été si souvent étudié et décrit que je ne mentionnerai ici que les quelques points observés dernièrement par moi ou qui sont nécessaires à la compréhension du sujet.

Pour pouvoir trouver les produits de transition entre l'albumine et la peptone, il est nécessaire d'employer aussi peu de ferment que possible. On ajoute à l'eau contenant en suspension la β albumine, la quantité d'acide chlorhydrique dilué nécessaire, pour que l'albumine à la température ordinaire se transforme complètement en une gelée transparente. Avant d'ajouter la pepsine, on peut s'assurer au moyen de la tropæoline 00 que l'acide chlorhydrique n'est pas combiné. Si l'on ajoute maintenant la pepsine et que l'on attende la liquéfaction de l'albumine, on remarque que l'acide libre disparaît peu à peu, il se combine avec la substance albuminoïde. On ajoute alors encore un peu d'acide chlorhydrique dilué, jusqu'à ce que la tropæoline en indique un petit excès. La combinaison de l'acide est la suite de la transformation de l'albumine β en « syntonide » décrite précédemment et qui se forme seulement par l'action de l'acide chlorhydrique. La syntonide se laisse complètement précipiter en neutralisant l'acide chlorhydrique. Cette syntonide est ce produit intermédiaire qui avait été nommé jusqu'à présent par *Brücke, Meissner*, etc., parapeptone, acidalbumine, syntonine[1].

Les meilleures conditions pour obtenir une transforma-

[1] Je crois nécessaire d'abandonner complètement le nom de syntonine pour ce produit, car ce nom appartient depuis longtemps à un dérivé de la myosine, dérivé qui, sous bien des rapports, soit physiques, soit chimiques, est différent du produit de digestion semblable à la syntonine (C. Schipiloff et A. Danilewsky, *Sur la nature des substances anisotropes des muscles striés. Zeitschr. für physiolog. Chemie*, Bd. V, p. 349). Mais pour rappeler par le nom même cette ressemblance, je propose de nommer ce produit « syntonide. » Le nom d'acidalbumine doit être conservé pour le produit de l'acide chlorhydrique seul.

tion rapide et totale en syntonide sont d'employer à côté de la pepsine un peu plus d'acide qu'il n'est nécessaire pour la saturer une fois formée ; la syntonide fixe, comme cela a été déjà indiqué, 3,6 % d'acide chlorhydrique.

Si l'excès d'acide est trop considérable, l'albumine sera cependant transformée en syntonide, mais l'effet est alors produit par l'acide seul, la pepsine perdant presque toute action en présence de beaucoup d'acide. Enfin, si la quantité d'acide chlorhydrique est de beaucoup inférieure à ce qui est nécessaire pour saturer la syntonide formée, sa formation et sa transformation ultérieure se font d'une manière très lente et incomplète.

A part son caractère basique, citons seulement ici parmi les autres propriétés de la syntonide, que ce corps est complètement insoluble soit dans l'eau, soit dans l'alcool étendu et bouillant. Il se dissout facilement par contre dans l'eau de chaux, lentement et d'une manière incomplète dans une solution diluée de phosphate de sodium. Laisse-t-on agir plus longtemps encore la pepsine dans la liqueur acide sur la syntonide formée, et que de temps en temps on examine la nature du précipité produit par neutralisation, on trouve que pendant l'action ultérieure de la pepsine, l'alcool étendu à chaud commence à dissoudre de plus en plus de substance. Le corps formé se sépare par refroidissement de la solution alcoolique filtrée à chaud, sous forme de flocons blancs et délicats, a l'apparence extérieure de la syntonide même, et se comporte comme elle vis-à-vis de l'acide chlorhydrique et des principaux dissolvants (excepté l'alcool).

Si cette substance est extraite au moment où la peptonisation est déjà passablement avancée, une étude approfondie montre qu'elle est formée d'un mélange de plusieurs corps très semblables les uns aux autres.

La solubilité à chaud dans l'alcool étendu, propriété que ces corps partagent avec les substances protalbiques acides, m'a conduit à les nommer « substances syntoprotalbiques. »

Elles sont insolubles dans l'eau froide et ne donnent à celle-ci aucune réaction acide ou alcaline, elles-mêmes n'ont aucune action sur le tournesol.

Le caractère du mélange des substances syntoprotalbiques obtenues par précipitation, en neutralisant la solution acide, montre clairement que leur manière d'être envers divers réactifs, principalement l'eau, l'acide azotique concentré, le sulfate de cuivre, le chlorure ferrique, présente des différences selon que l'action de la pepsine a été poursuivie plus ou moins longtemps. De nombreuses expériences ont donné sur ce sujet les résultats suivants. On obtient à différentes périodes de digestion des mélanges de trois corps, qui se distinguent entre eux graduellement par les points indiqués.

Pour les distinguer, nous les nommerons avec les lettres α, β, γ.

Le dérivé α est seulement soluble en partie dans l'eau bouillante, tandis que l'autre partie est coagulée, mais peut être de nouveau dissoute à l'ébullition par l'alcool 50 °/₀, séparée, puis enfin de nouveau dissoute en partie par l'eau bouillante.

Les solutions aqueuses chaudes ne filtrent pas clair, et le trouble formé augmente d'une manière insignifiante par le refroidissement, mais elles ne laissent absolument rien déposer. L'acide nitrique concentré, ajouté goutte à goutte, clarifie premièrement la solution aqueuse ou bien dissout la substance en suspension, pour la reprécipiter aussitôt après. Ce précipité n'est pas soluble dans un excès d'acide.

Le sulfate de cuivre donne un fort précipité insoluble dans un excès de réactif. Le chlorure ferrique donne un trouble qui disparaît un peu par un excès de liqueur ferrique.

La syntoprotalbumine β est dissoute par l'eau à 80-90°. Une coagulation n'a pas lieu. La solution refroidie est un peu plus trouble que la chaude. Une solution concentrée du dérivé β est aussitôt troublée par l'acide nitrique concentré ; le trouble augmente ou apparaît seulement peu à peu dans les solutions diluées, mais un excès d'acide le fait disparaître complètement. Le chlorure ferrique donne un léger trouble seulement dans une solution concentrée, trouble qui disparaît soit en chauffant soit en ajoutant un excès de réactif.

La syntoprotalbumine γ peut être extraite du mélange des trois dérivés α. β, γ, par l'eau à 40-60°. Sa solution aqueuse est plus limpide que celles des dérivés α et β. L'acide nitrique et le chlorure ferrique ne la troublent ni ne la précipitent, mais le sulfate de cuivre produit encore un précipité.

Je ne puis affirmer que les substances syntoprotalbiques obtenues consistent véritablement en trois substances différentes. Je crois cependant qu'il s'y trouve au moins deux substances différentes; l'existence de la troisième n'est que vraisemblable.

Tous les corps syntoprotalbiques se combinent avec HCl à 15°, mais par contre ne se combinent pas avec les alcalis.

Plus l'action de la pepsine est avancée, moins on obtient de syntonide et de substances syntoprotalbiques ; le précipité obtenu par neutralisation est d'autant plus faible et la partie soluble dans l'eau d'autant plus grande. Après

filtration, la liqueur limpide est concentrée au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse, et si l'on avait employé une solution de pepsine dans la glycérine, on éloigne celle-ci à froid par de l'alcool à 95 °/₀. Le résidu est alors dissous dans très peu d'eau, le liquide est soumis à la dialyse jusqu'à ce que tous les chlorures soient éloignés.

La masse de peptone, débarrassée de sels, est concentrée encore une fois au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse. La solution aqueuse, limpide, jaune clair de cette masse ne représente pas la peptone pure; elle donne des précipités par les sels de cuivre, de zinc et même avec le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique, réactions que la peptone ne donne pas.

Cette masse représente un mélange de produits de digestion analogues à la peptone, dont quelques-uns sont des produits intermédiaires de transformation précédant la peptone. On peut séparer ces corps intermédiaires par des précipitations graduelles, et par des épuisements fractionnés au moyen d'alcool, la solubilité augmentant à mesure que l'on se rapproche de la peptone.

Ces essais de séparation ont prouvé que la masse des peptones obtenues se compose des trois substances suivantes :

La première est soluble dans l'eau et l'alcool froid (10 à 15 °/₀), donnant une solution presque incolore; cette substance, soit à l'état humide, soit dissoute, est sans aucune action sur le tournesol, ce qui la différencie des peptones qui possèdent une réaction acide.

Comme ce corps (voir plus loin) peut être immédiatement transformé en substance syntoprotalbique, je l'ai nommé *syntogène*. Sa solution aqueuse donne des précipités avec le ferrocyanure de potassium additionné

d'acide acétique (cette réaction est des plus sensibles), avec l'acétate de zinc et avec le sulfate de cuivre. Le syntogène fixe l'acide chlorhydrique à la température ordinaire, par contre il ne se combine pas avec les alcalis.

La seconde matière contenue dans la masse des peptones est une substance acide soluble dans l'eau et à froid dans l'alcool à 40 °/₀, donnant une liqueur jaune. Ce corps, d'après les caractères donnés plus haut, ne peut pas être regardé comme étant une peptone, parce qu'il est encore précipité par l'acétate de zinc, le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique; le sulfate de cuivre donne un très faible trouble. Il peut se combiner avec les acides et les alcalis à 15°. Si on le fait bouillir avec de l'eau, il perd peu à peu ces réactions, c'est-à-dire qu'il prend les propriétés de la peptone. C'est pourquoi je lui ai donné le nom de « *pseudopeptone.* »

Le troisième corps est la vraie peptone, substance soluble dans l'eau froide, et donnant à froid avec l'alcool 70-80 °/₀ une solution jaune acide: la solution aqueuse ne donne plus de précipités avec les sels métalliques, excepté avec le sublimé. La peptone fixe les acides aussi bien que les alcalis.

Si on ne possédait pas d'autres preuves, on pourrait douter de l'existence de la pseudopeptone, tant ses propriétés sont semblables à celles de la peptone, pourtant nous donnerons plus loin d'autres indices de son existence. L'existence du syntogène est mise hors de doute par sa réaction neutre et ses propriétés basiques.

La séparation de ces trois peptones solubles dans l'eau, retirés de la masse originelle, n'est pas difficile si l'on observe les règles suivantes: 1° les peptones ne doivent contenir aucune de leurs combinaisons avec les alcalis

ou les acides, ce qui arrive toujours si le liquide digéré avec la pepsine n'est pas très exactement neutralisé. De telles combinaisons avec les acides et alcalis sont plus solubles dans l'alcool que les peptones correspondants et entravent la séparation. Ainsi, par exemple, le *Peptonum siccum* de *Fr. Vitte, à Rostock*, qui est un mélange de tous les corps intermédiaires décrits ici entre l'albumine et la peptone, contient une partie de ces corps combinés à la soude, ce qui en rend la séparation très difficile.

Pour éviter cette difficulté, on doit employer au commencement de l'expérience une quantité connue d'acide, afin de pouvoir ensuite la neutraliser avec une quantité équivalente d'alcali. 2° On doit aussi éloigner la glycérine avec de l'alcool à 95 °/₀, si elle a été ajoutée en même temps que le ferment, car sa présence change aussi les conditions de solubilité. 3° Il vaut mieux que la masse des peptones, avant leur séparation, soit complètement débarrassée des sels solubles inorganiques, en les dialysant pendant 36 à 48 heures.

Après avoir dialysé, le liquide est de nouveau concentré à consistance sirupeuse, puis on l'épuise à froid par l'alcool à 75 °/₀, en agitant souvent et laissant digérer longtemps avec l'alcool. La substance extraite par l'alcool contient principalement la peptone. Le résidu insoluble est traité de nouveau de la même manière avec l'alcool à 35-40 °/₀ qui dissout la pseudopeptone.

On traite le dernier résidu par l'alcool froid à 10 °/₀ qui dissout le syntogène. Le plus souvent il reste encore un petit résidu insoluble dans l'eau, lequel consiste en substances syntoprotalbiques et en syntonide, qui ont été retenues par les peptones dans la solution aqueuse.

Les trois solutions alcooliques ne contiennent pas en-

core les trois peptones parfaitement pures; il faut laisser reposer les solutions dans un endroit frais, les produits intermédiaires se déposent alors peu à peu, ou bien on évapore plusieurs fois les solutions à consistance sirupeuse et on extrait avec un alcool de concentration appropriée.

Il existe encore une cause qui empêche d'obtenir ces peptones à l'état pur. En effet, la peptone est décomposée par l'action prolongée et énergique de la pepsine. Nous allons examiner plus loin ces produits de décomposition, mais remarquons ici qu'un de ceux-ci, le glutinoïde [1], se comporte vis-à-vis de l'alcool comme la pseudopeptone et qu'il peut ainsi en altérer la pureté, s'il a pu se former.

Leur séparation est alors impossible. La présence du glutinoïde se reconnaît par une grande viscosité; ses solutions se prennent en gelée par refroidissement, et en outre par le fait que la réaction de Millon et celle dite du biuret donnent de très faibles colorations. Pour éviter la présence du glutinoïde, il ne faut pas faire durer trop longtemps l'action de la pepsine.

Si nous jetons un coup d'œil général sur les propriétés de tous les produits intermédiaires entre l'albumine et la peptone, nous constatons tout de suite que tous ces produits, y compris l'albumine et la peptone, peuvent être classés en trois groupes. Chacun de ces groupes possède quelques propriétés principales qui le distinguent complètement des autres groupes, mais qui sont communes à tous les membres d'un même groupe. Le tableau suivant représente la peptonisation de l'albumine β au moyen de la pepsine en présence d'acide chlorhydrique :

[1] A. Danilewsky, *Ueber die Entstehungsweise des Glutins*, etc. *Centralblatt für medic. Wissenschaften*, 1881.

Groupes.	Substances de transition.	Caractères chimiques.	Se comportent vis-à-vis : Tournesol.	Se comportent vis-à-vis : Dissolvants.	Précipités par : NO^3H	Précipités par : Fe^2Cl^6	Précipités par : Neutralisation.	Précipités par : $ClNa + C^2H^4O^2$	Précipités par : SO^4Cu	Précipités par : Ferrocyanure et $C^2H^4O^2$	Précipités par : $(C^2O^2H^3)_2Zn$
Groupe de l'albumine.	Albumine β.	Traces d'acidité.	Rougit très faiblement.	Insolubles dans l'eau et l'alcool dilué à toutes les températures.	+	+	+	+	+	+	+
	Syntonide.	Basique.	Neutre.		+	+	+	+	+	+	+
Groupe des synto-protalbines.	Syntoprotalbine α	Basique.	Neutre.	Solubles à chaud dans l'eau et l'alcool étendu.	+	+	+	+	+	+	+
	Syntoprotalbine β				+ (solubles dans un excès réactif.)	+ (solubles dans un excès réactif.)	+	+	+	+	+
	Syntoprotalbine γ				o	o	+	+	+	+	+
Groupe des peptones.	Syntogène.	Basique.	Neutre.	Soluble dans alcool 15 %. (Solubles dans l'eau froide.)	o	o	o	+	+	+	+
	Pseudopeptone.	Basique et acide.	Rougit.	Soluble dans alcool 40 %. (Solubles dans l'eau froide.)	o	o	o	o	+ faible	+ faible	+
	Peptone.			Soluble dans alcool 80 %. (Solubles dans l'eau froide.)	o	o	o	o	o	o	o

Si l'on compare les produits intermédiaires indiqués avec ceux obtenus jusqu'à présent par d'autres savants, ce qui du reste est nécessaire, afin d'introduire un peu de clarté et d'unité dans le sujet, on trouve de prime abord, contrairement à ce qui est enseigné par les livres, que le nombre des produits intermédiaires est dans notre schema beaucoup plus grand, et secondement, que les propriétés des corps changent graduellement.

En effet, si l'on fait abstraction des données de *Meissner* sur les trois peptones *a*, *b*, *c*, on n'admettait jusqu'alors qu'un seul produit de transition entre l'acidalbumine (syntonide) et la peptone, nommé, la propeptone et reconnue seulement ces dernières années par *Schmidt Mülheim*[1].

Voyons maintenant ce qu'est la propeptone :

D'après *Schmidt-Mülheim*, la propeptone est insoluble dans l'eau froide, mais soluble dans l'eau chaude. La propeptone est précipitée à froid par l'acide nitrique concentré, les sels de fer, le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique, et en neutralisant ses solutions soit acides, soit alcalines. J'ai préparé la propeptone avec le peptonum siccum de *Vitte*, d'après les données de *Schmidt Mülheim* et *Salkowski*[2], et j'ai étudié ses propriétés. D'après mes essais, la propeptone se dissout à chaud dans l'alcool dilué et se précipite par le refroidissement sous forme de flocons. La propeptone est sans action sur le tournesol et se combine à une température modérée avec l'acide chlorhydrique. L'acide nitrique la précipite en partie, mais le précipité est complètement soluble dans un excès d'acide.

[1] *Jahresber. d. Thierchemie*, Bd. X, p. 21 et 172. 1881.

[2] Ibid., p. 25. 1881.

Si nous comparons tous les caractères indiqués pour la propeptone avec ceux des corps de notre schema, il est hors de doute que nous avons dans la propeptone un mélange de plusieurs corps syntoprotalbiques. La manière de le préparer parle aussi en faveur de cette manière de voir. Si j'ajoute encore que ce mélange peut être très variable, l'on comprend que des controverses aient pu prendre naissance sur les propriétés du dit corps.

D'après les observations de *Schmidt-Mülheim* et *Salkowski,* on ne trouve de la propeptone que par une action prolongée de la pepsine. Si cette action est plus énergique, la propeptone disparaît et se transforme en peptone. Ceci cadre avec mes recherches des corps syntoprotalbiques, qui se transforment facilement en peptones si l'action de la pepsine est énergique.

En ce qui concerne les peptones de *Meissner,* je crois que sa peptone *a* appartient à mon groupe des corps syntoprotalbiques, car elle est précipitée par l'acide nitrique. La peptone *b* de Meissner correspond à un mélange de syntogène et de pseudopeptone, car elle est précipitée seulement par le sulfate de cuivre et le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique; seule, la peptone *c* est bien véritablement semblable à la peptone proprement dite.

Il me reste à faire mention d'une particularité qui, si elle n'était pas connue, pourrait donner et a déjà donné lieu à bien des contradictions.

J'ai dit que les substances syntoprotalbiques étaient insolubles dans l'eau froide. En vérité, ces corps peuvent se rencontrer à l'état soluble et insoluble.

Si on les prépare sans chauffer le liquide de digestion, on les obtient constamment à l'état insoluble. Si, au contraire, on les dissout à l'ébullition dans l'eau et qu'on les

précipite par l'alcool, ils conservent leur solubilité dans l'eau froide; ceci n'a pas lieu, si on les précipite par exacte neutralisation après les avoir dissous sans chauffer dans un acide ou alcali très dilué.

Lorsque l'on chauffe le liquide digestif à l'ébullition, une plus ou moins grande partie des corps syntoprotalbiques sera transformée en leur forme soluble, et il va de soi qu'ils seront recueillis mélangés avec les peptones solubles. Mais comme les corps syntoprotalbiques présentent aussi à l'état soluble la faculté d'être précipités par des sels métalliques, il est évident que leur présence dans la solution aqueuse des peptones peut énormément changer les réactions de ces substances.

Leur séparation d'avec la peptone et même la pseudopeptone n'est pas difficile, car ils se dissolvent à peine à froid dans l'alcool (10-20 °/₀), mais il est jusqu'à présent tout à fait impossible de les séparer du syntogène.

Une telle altération doit se présenter plus ou moins chaque fois que l'on fait bouillir la solution de digestion pour détruire le ferment.

La concentration au bain-marie ne produit pas cet inconvénient, ou du moins il est très atténué [1].

Les corps syntoprotalbiques peuvent être transformés plus ou moins promptement de leur état soluble à leur forme insoluble au moyen de deshydratants indifférents. Il suffit de les précipiter par l'alcool et de les laisser longtemps en présence de portions toujours renouvelées d'alcool très fort. Ou bien on les chauffe pendant 2 à 5 heures dans des tubes scellés, à 100° avec de l'alcool 96 °/₀. On

[1] Le peptonum siccum de Vitte contient de petites quantités de ces substances syntoprotalbiques à l'état soluble.

peut encore les précipiter plusieurs fois de leurs solutions soit acétiques, soit chlorhydriques, avec un grand excès d'un sel neutre, comme le chlorure de sodium, ou mieux, le sulfate de magnésium, jusqu'à ce que le précipité ne se dissolve plus dans l'eau. Alors on extrait la substance à chaud avec de l'alcool 50 °/₀, qui ne dissout pas le sulfate de magnésium.

Une simple dessiccation à 80-100° peut produire cette transformation des substances syntoprotalbiques. Enfin en conservant longtemps les peptones en liqueur sirupeuse, solution qui contenait la variété soluble des corps syntoprotalbiques, ils deviennent complètement insolubles dans l'eau [1].

Les formes insolubles ne sont pas transformées en formes solubles par l'alcool bouillant à 40-50 °/₀.

D'après tous ces faits, on est en droit de conclure que les substances syntoprotalbiques peuvent exister à l'état d'anhydride et à l'état d'hydrate et que ces deux formes peuvent passer d'une manière relativement facile l'une dans l'autre.

Nous ne savons pas si la syntonide d'un côté et le syntogène de l'autre, qui tous deux possèdent les mêmes caractères chimiques que les substances syntoprotalbiques, sont capables de prendre aussi la forme d'anhydride et d'hydrate; selon toute vraisemblance, cependant, on peut répondre affirmativement à cette question. Les raisons qui me font adopter cette manière de voir seront publiées plus loin; je donnerai des chiffres comme preuve que, pendant la digestion, l'anhydride de ces corps prend

[1] Probablement, le peptonum siccum de Vitte contient à l'état sirupeux des corps syntoprotalbiques qui deviennent insolubles par la dessiccation.

d'abord naissance, mais que pendant la transformation en peptone, il fixe de l'eau pour se transformer en hydrate.

Les différences de marches à observer pour la peptonisation de la fibrine ou de la myosine sont petites, par exemple la myosine peut se peptoniser très facilement et complètement sans laisser comme résidu une partie difficile à digérer [1].

L'albumine β peut être complètement peptonisée par la pepsine, en présence d'acide chlorhydrique, mais l'action des ferments est pour elle bien plus lente que pour la myosine. La fibrine se distingue en cela de la myosine et l'albumine qu'une partie se peptonise aussi rapidement que la myosine, tandis que l'autre se comporte comme l'albumine.

L'albumine α se laisse peptoniser bien plus difficilement, à cause de sa faible solubilité dans les liquides acides.

Comment la caséine se comporte-t-elle avec la pepsine et l'acide chlorhydrique? ceci demande à être considéré de plus près.

Nous avons vu dans les précédents chapitres que la caséine du lait est un mélange très intime d'une substance albuminoïde avec une substance protalbique acide, formée de la première substance. Ces derniers corps sont les produits de l'action des alcalis sur l'albumine, et nous verrons bientôt que la trypsine a aussi le même pouvoir.

[1] Je profite de l'occasion pour me prononcer d'une manière énergique contre le sens usuel, mais peu juste, attaché au mot allemand *verdaut,* traduit soit par digéré, soit par dissous, soit par peptonisé. Il est clair, d'après ce qui précède, qu'une substance albuminoïde peut être dissoute par la pepsine sans pour cela être transformée en peptone.

Si l'on soumet ces substances à l'action de la pepsine, nous obtiendrons naturellement des produits de transformations qui portent en eux les caractères des deux types de peptonisation.

Ainsi, par exemple, la caséoalbumine [1], la partie albuminoïde de la caséine, est attaquée plus vite par la pepsine et l'acide chlorhydrique que la caséoprotalbine acide, qui forme une partie de la dyspeptone de *Meissner*. Donc, il y a, si l'on emploie la caséine, une période de digestion, dans laquelle l'alcool dilué et chaud extrait du précipité obtenu par neutralisation, un mélange de substances syntoprotalbiques basiques récemment formées et des substances caséoprotalbiques acides non encore transformées.

Si l'on veut éviter des erreurs, il ne faut choisir pour l'étude des produits de digestion que des substances albuminoïdes, correspondant d'après leur composition au type de peptonisation que l'on a l'intention d'étudier.

C'est pourquoi la myosine, ou son mélange avec la syntonine, convient mieux pour la peptonisation par la pepsine, tandis que la caséine convient mieux à la peptonisation par la trypsine en présence d'alcalis. Dans mes travaux, j'ai pris toujours comme point de départ l'albumine β, pour apprendre à connaître toutes les transformations possibles d'un seul et même corps, transformations qui peuvent se produire au moyen de divers ferments.

Je donnerai plus loin des chiffres comme preuve que les propriétés basiques de la syntonide augmentent au fur et à mesure de sa transformation en peptone. Je ferai re-

[1] A. Danilewski et P. Radenhausen, *Sur les corps albuminoïdes du lait* (*Petersen's Forschungen*, Heft 9. 1880).

marquer ici que les nouvelles affinités basiques développées saturent l'acide chlorhydrique présent et que cette condition est nécessaire à l'action ultérieure de la pepsine.

S'il n'y a pas assez d'acide pour saturer toutes les affinités basiques, la peptonisation par la pepsine cesse complètement. Lorsqu'il manque seulement de l'acide libre, la peptone acide, qui a déjà pu se former, peut le remplacer, mais la peptonisation ultérieure est considérablement retardée; mais si l'on ajoute de nouveau de l'acide chlorhydrique jusqu'à léger excès, la peptonification s'établit de nouveau avec vivacité.

Il faut donc pendant la peptonisation maintenir toujours une juste proportion entre la matière albuminoïde et l'acide chlorhydrique.

La proportion juste consiste d'après mes essais *à entretenir toujours dans la liqueur digestive un petit excès d'acide*, la peptonisation est alors rapide et complète.

On peut facilement régler au moyen de la tropæoline 00 la quantité d'acide nécessaire.

En ce qui concerne les proportions de la pepsine et de la substance albuminoïde, je puis ajouter aux données des livres quelques observations basées sur ma longue expérience.

La plus petite quantité de pepsine, dans des conditions favorables d'acidité et de température, peut transformer la matière albuminoïde en peptone; mais alors il n'y a qu'une petite quantité de la substance employée qui soit transformée. On obtient peu de peptone en présence de beaucoup de syntonide, premier terme de la transformation de l'albumine. Une digestion prolongée ne conduit jamais à une complète peptonisation. Il faut une

quantité de pepsine déterminée pour transformer complètement en peptone une quantité donnée d'albumine. Mais, comme l'on ne sait pas encore préparer la pepsine à l'état pur, des déterminations exactes sont complètement impossibles.

Quelque petite que soit la quantité de pepsine, l'albumine β ou la myosine, la fibrine en présence d'une quantité appropriée d'acide cela suffit pour que toutes ces substances soient complètement transformées en syntonide (ou syntonine), mais jamais il n'arrive que de petites quantités de pepsine transforment toute la syntonide en substances syntoprotalbiques α ou β, par exemple, et que son action s'arrête là.

Dans une peptonisation prolongée, on remarque qu'une plus ou moins grande quantité de syntonide est attaquée par la pepsine et transformée en peptone en passant par tous les termes intermédiaires, tandis que la masse de syntonide non attaquée reste comme résidu. Il semble que la pepsine se fixe pour ainsi dire à une molécule de syntonide et ne l'abandonne plus avant qu'elle ne l'ait transformée en peptone.

Se forme-t-il une combinaison chimique temporaire entre la pepsine et la substance albuminoïde, combinaison qui, l'albumine étant devenue peptone, se transformerait encore elle-même? Nous ne le savons pas.

Les tables suivantes résument toutes les propriétés des corps qui se forment par l'action de la pepsine sur l'albumine :

TABLEAU QUATRIÈME

Groupe de l'Albumine.

Réactifs.	Albumine β.	Syntonide.
1. Eau.	Insoluble, coagulé à chaud.	Dito.
2. Alcool.	Insolubles, rien n'est extrait par l'alcool dilué à l'ébullition.	
3. Acide nitrique.	Les précipite, un excès de réactif ne redissout pas le précipité.	
4. Sels des métaux lourds	Sont précipitées de leurs solutions.	
5. Acide chlorhydrique.	Dissout peu à peu sans se combiner avec lui à la température ordinaire.	Soluble en fixant l'acide déjà à une basse température.
6. Alcalis fixes.	Soluble, fixe très peu d'alcali.	Soluble, ne fixe que des traces d'alcali.
7. Eau de chaux.	Se dissout avec opalescence.	Facilement soluble, précipités par les sels neutres.
8. Neutralisation.	Précipitée.	Précipitée.
9. Acide acétique (0,1 %)	Peu soluble à froid.	Presque insoluble à froid.
10. Réactif de Millon.	Produit un précipité qui, en chauffant, diminue de volume et devient rouge.	
11. Soude caustique et SO^4Cu.	Produit une coloration faible, bleue violette dans les solutions.	
12. NaOH + un peu d'acétate de plomb.	A l'ébullition, les solutions deviennent brunes ou noires par formation de sulfure de plomb.	
13. Réaction de Pettenkofer.	Se produit.	Dito.
14. Soude caustique.	Par la chaleur il se dégage des vapeurs alcalines.	
15. Combustion.	Produisent toutes deux, après une forte calcination, une cendre faiblement alcaline renfermant Ca, Mg, PO^4H^3.	

TABLEAU CINQUIÈME

Corps syntoprotalbiques.

Réactifs.	Syntoprotalbine α.	Syntoprotalbine β.	Syntoprotalbine γ.
1. Eau.	Insolubledans l'eau froide, en partie soluble à chaud, en partie coagulée.	Insolubledans l'eau froide, soluble à chaud déjà à 90°.	Insoluble à froid, soluble à 40°—60°.
2. Alcool.	Toutes trois sont solubles dans alcool 50 $^0/_0$, et à froid se précipitent sous forme de flocons.		
3. Action sur le tournesol.	Neutre.	Neutre.	Neutre.
4. Acides minéraux dilués.	Soluble et se combine à l'acide.	Dito.	Dito.
5. Acide nitrique.	Précipité instantané en partie soluble dans un excès d'acide.	Trouble augmentant peu à peu, soluble dans un excès d'acide.	Ni trouble, ni précipité.
6. Sels des métaux lourds.	Toutes trois sont précipitées immédiatement.		
7. Ferrocyanure de potassium et acide acétique.	Toutes trois donnent des troubles blancs opaques.		
8. Chlorure ferrique.	Faible trouble, qui ne disparaît pas par un excès.	Trouble léger, soluble dans un excès.	Point de trouble.
9. Alcali dilué.	Toutes solubles, mais ne fixent pas l'alcali à la température ordinaire.		
10. Acide acétique (0,1 $^0/_0$).	En partie soluble.	Peu à peu soluble.	Facilement soluble.
11. Réactif de Millon.	Donne des précipités qui sont plus translucides que celui de la syntonide. Par la chaleur ils diminuent de volume et se colorent en rouge.		
12. Soude caustique et SO^4Cu.	A froid donne une coloration bleue violette, plus foncée que celle de la syntonide.		
13. Réaction de Pettenkofer.	Se produit.	Dito.	Dito.
14. NaOH et acétate de plomb.	A l'ébullition les solutions deviennent brunes ou brun noires.		
15. Lessive de soude.	A chaud des vapeurs alcalines s'échappent facilement.		
16. Combustion.	Donnent des cendres ayant les mêmes propriétés que celles de la syntonide.		
17. Sels neutres.	Précipitent tous ces corps d'une solution acide, premièrement en combinaison avec l'acide, qui est enlevé peu à peu en renouvelant l'opération.		
18. Neutralisation	Les formes anhydrides de ces corps, insolubles dans l'eau, sont précipitées sous forme de flocons en neutralisant les solutions soit acides soit alcalines.		

TABLEAU SIXIÈME

Groupe des peptones.

Réactifs.	Syntogène.	Pseudopeptone.	Peptone.
1. Eau.	Soluble, donnant une solution incolore et neutre.	Soluble donnant une solution jaune et acide.	
2. Alcool.	Soluble à froid dans alcool 10 à 15 $^0/_0$. Soluble à chaud dans alcool fort, précipité en refroidissant.	Soluble dans alcool 30—35 $^0/_0$ à 15°. Quoique dissoute dans alcool plus fort à chaud elle se sépare à froid.	Soluble dans alcool 70 $^0/_0$ aussi dans alcool 80 $^0/_0$ mais plus lentement.
3. Acide nitrique.	Reste clair.	Reste clair.	Reste clair.
4. Acides minéraux dilués.	Sont fixés de suite à la température ordinaire.		
5. Alcalis dilués.	Ne sont pas fixées.	Sont de suite fixés à froid, la réaction acide disparaît lorsqu'on a ajouté à peu près la moitié de l'alcali nécessaire à la saturation complète.	
6. Chlorure ferrique.	Ne donne ni précipité, ni trouble.		
7. Neutralisation.	Les solutions restent limpides.		
8. Sels neutres.	Précipitent la substance. (Leur présence entrave bien des réactions, principalement à la suivante.)	Ne précipitent pas.	Point de précipité.
9. Ferrocyanure de potassium et acide acétique.	Précipité blanc opaque très fin. Réaction très sensible.	Précipité floconneux un peu transparent.	Reste clair.
10. Sulfate de cuivre.	Trouble bleuâtre, ou bien précipité floconneux qui devient plus faible par un excès de réactif, mais ne se dissout pas.	Trouble bleuâtre, soluble dans un excès de réactif.	Reste limpide, prend une coloration verdâtre.
11. Acétate de zinc.	Trouble ou précipité floconneux qui se contracte en chauffant.	Opalescence et trouble qui augmente un peu en chauffant.	En solution concentrée, donne une faible opalescence qui par la chaleur augmente du haut en bas et disparaît par le refroidissement.
12. Tannin, sels d'argent et de mercure, chlorure de platine, acides phosphotungstique et phosphomolybdique, acide picrique.	Donnent plus ou moins vite un précipité floconneux.		
13. Réactif de Millon.	Précipités blancs, par la chaleur les flocons se contractent et deviennent rouges foncés comme les solutions.		
14. Réaction de Pettenkofer.	Est plus facile à obtenir et plus intense qu'avec la syntonide.		
15. Na OH et Cu SO^4.	Coloration violette. Un excès de Cu SO^4 la change en bleu. Ces substances dissolvent, en comparaison avec la syntonide et les corps syntoprotalbiques, de plus en plus d'oxyde de cuivre.	Coloration rouge violette intense.	
16. Na OH et PbO.	A l'ébullition les solutions deviennent brunes ou brun noires.		
17. Na OH.	A la chaleur, des vapeurs alcalines se dégagent facilement.		
18. Combustion.	Donnent des cendres qui consistent en Ca, Mg et PO^4H^3.	Donnent des quantités plus faibles de cendres composées de Ca, Mg et PO^4H^3.	

(A suivre.)

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1881

PAR

M. ERNEST FAVRE

Cette revue est divisée, comme les précédentes, en deux parties : la première comprend l'examen des descriptions géologiques et des recherches relatives à la composition des roches, à la géologie dynamique, etc.; la seconde traite des travaux relatifs aux terrains, des formations les plus anciennes jusqu'aux dépôts actuels.

Cette année a été marquée par la mort du docteur *Greppin,* dont les ouvrages les plus appréciés sont relatifs à la géologie du Jura, et par celle de *Ferdinand Keller* (1800-1881), auteur de travaux bien connus relatifs aux antiquités suisses et spécialement aux stations lacustres. M. MAYER VON KNONAU [1] et M. GRANGIER [2] ont publié des notices nécrologiques sur cet éminent archéologue.

M. L. FAVRE [3] a retracé la carrière d'Agassiz à Neuchâtel entre les années 1832 et 1846.

[1] Mayer von Knonau. Dr F. Keller. *Indic. d. antiq. suisses*, 1881, 189.

[2] Grangier, *Bull. littér. et scient.*, 1881, V, 283.

[3] L. Favre, Louis Agassiz, son activité à Neuchâtel comme naturaliste et comme professeur, de 1832 à 1846.

I. Descriptions, roches, géologie dynamique, etc.

Descriptions géologiques.

M. C. Mayer [1] a publié une classification des terrains de sédiment avec une multitude de noms nouveaux qui ont, pensons-nous, bien peu de chance d'être adoptés en présence de la complication déjà si grande de la nomenclature géologique.

Alpes. *Versant nord.* Comme précédemment, nous nous bornons à signaler ici les notices publiées par M. de Fellenberg [2] sur ses excursions dans les hautes Alpes bernoises et valaisannes, les observations géologiques y étant dispersées au milieu de beaucoup d'autres renseignements. La notice de cette année est relative à la vallée de Baltschieder.

M. Heim [3] a communiqué diverses observations géologiques faites le long de la ligne du Gothard.

M. Vacek et M. Heim ont continué la discussion sur l'existence du pli septentrional des Alpes glaronnaises, niée par le premier de ces auteurs (Rev. pour 1880, 131). Après avoir fait dans cette région une nouvelle excursion et avoir parcouru les environs d'Elm et le massif du Kärpf, M. Vacek [4] a maintenu son opinion. Il a bien reconnu des schistes argilo-calcaires sous le calcaire de la Lochseite et

[1] C. Mayer, Classification internationale, naturelle, uniforme, homophone et pratique des terrains de sédiment, 1881.

[2] E. de Fellenberg, Topographische und geologische Notizen aus dem Baltschiederthal. *Jahrb. S. A. C.*, 1881, 252.

[3] Heim, Beobachtungen von der Gotthard-Linie. *Vierteljahrschr. naturf. Ges. Zurich*, 1880, XXV, 419.

[4] Vacek, Ueber die Schichtfolge in der Gegend der Glarner Doppel-Falte. *Verhandl. k. k. g. Reichsanst.*, 1881, 43.

le verrucano, mais ils ressemblent aux schistes des Grisons et sont distincts des schistes nummulitiques. Ces derniers sont simplement adossés aux formations plus anciennes et sont un remplissage transgressif d'anciennes vallées d'érosion. Cette nouvelle explication, si elle est exacte, est de nature à modifier considérablement nos idées sur le soulèvement des Alpes et la formation des vallées ; elle ne rend pas compte des plissements si aigus subis par les terrains éocènes et qui sont un des traits caractéristiques de cette formation. Un deuxième argument invoqué par M. Vacek est la présence au milieu même des schistes argilo-calcaires qui, d'après M. Heim, sont éocènes, de bancs d'un calcaire identique à celui de la Lochseite que cet auteur rapporte au jurassique ; ces deux roches passent par gradation insensible de l'une à l'autre, et l'on ne peut invoquer un phénomène mécanique pour expliquer cette intercalation. Ces bancs forment le passage du terrain schisteux au calcaire proprement dit. Un fait analogue se renouvelle plus haut dans la série entre les dolomies et les schistes du verrucano, où M. Heim en a donné une autre interprétation. Enfin, le verrucano ne se montre nulle part renversé sur lui-même et en épaisseur double comme l'exige l'hypothèse du pli adoptée par M. Heim. Ces diverses considérations conduisent M. Vacek aux conclusions suivantes :

Le terrain sédimentaire le plus ancien des Alpes glaronnaises est un schiste argileux associé au calcaire de la Lochseite ; les schistes éocènes ne forment donc pas un banc continu sous le verrucano. Celui-ci passe peu à peu aux quartzites et aux dolomies de Röthi, et les schistes de Quarten forment le dernier terme de cette série avec laquelle ils présentent plusieurs alternances, et qui réclame encore une classification.

Le schiste argileux et le calcaire de la Lochseite sont une formation plus ancienne que le verrucano. M. Vacek est disposé à les identifier avec les schistes des Grisons du Prättigau. Ce sont des roches de même nature, que M. Heim rapporte, à l'E. du Rhin, à cette formation d'âge indéterminé, tandis qu'il les attribue, à l'O. du fleuve, au terrain éocène. Si ces conclusions se vérifient, elles renversent la théorie du double pli des Alpes glaronnaises, par laquelle Escher d'abord, puis M. Heim et M. Baltzer ont expliqué la structure si complexe de cette région.

M. Heim [1] a répondu à ce dernier écrit en indiquant les motifs qui l'empêchent de se rallier à la théorie émise par son contradicteur pour expliquer la structure de cette région. Il a entre autres clairement montré que sa théorie relative aux dépôts nummulitiques vient se heurter à des difficultés qui la rendent tout à fait improbable. M. Heim se réserve de revenir plus tard sur ce sujet.

La Commission géologique a fait paraître le texte relatif aux formations alpines contenues dans la feuille IX de la carte fédérale; il est dû à M. C. Mœsch [2] et renferme la description des quatre massifs suivants; 1° le Sentis; 2° les Churfirsten, l'Alvier et le Gonzen au N. du lac de Wallenstadt et à l'O. de la vallée du Rhin; 3° le Spitzmeilen et le Murtschenstock au S. de ce lac et à l'E. de la vallée de la Linth; 4° le Glärnisch, le Rautispitz et le Wäggithal à l'ouest de la même vallée.

L'auteur a résumé dans la première partie le volume

[1] Heim, Ueber die Glarner Doppel-Falte. *Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1881, 204.

[2] C. Mœsch, Geologische Beschreibung der Kantone Appenzell, St-Gallen, Glarus und Schwytz. *Matér. p. la carte géol. d. la Suisse*, XIV, 3me partie. Feuille IX de la carte fédérale.

sur la géologie du Sentis qu'il a publié antérieurement d'après les documents laissés par Escher de la Linth. Nous renvoyons à ce que nous avons déjà dit de ce mémoire (Rev. pour 1878, 305). Le second groupe est formé en grande partie par les terrains éocènes et crétacés semblables à ceux du Sentis et dont plusieurs horizons sont très riches en fossiles; ils forment toute la crête et le versant nord de la chaîne. A la base se trouvent de plus les schistes à *Aptychus* que M. Mœsch attribuait antérieurement au terrain tithonique et dont il fait l'équivalent des couches de Berrias. Ils renferment les *Terebratula diphyoides* d'Orb., *Moutoniana* d'Orb., *Rhynchonella Malbosi* Pict., *Belemnites Orbignyanus* Duv., *pistilliformis* Bl., *Aptychus Didayi* Coq. et *Seranonis* Coq. Ces couches reposent sur les schistes de Balfries dont l'âge est resté longtemps indéterminé. M. Mœsch y a reconnu de très petits fossiles et les place sur le même niveau que la couche à ptéropodes de Châtel-Saint-Denis; ils recouvrent le tithonique à *Terebr. janitor* par suite d'un renversement, et c'est par erreur qu'il les a crus plus anciens que ce terrain.

Les recherches récentes ont fourni beaucoup de matériaux nouveaux pour la classification des terrains jurassiques de cette région qui forment une grande partie du versant méridional des Churfirsten et s'étendent de Quinten jusqu'à la vallée du Rhin. Le calcaire jurassique supérieur, dont le caractère pétrographique reste presque constant dans toute son épaisseur, et qui constitue de grands escarpements, a fourni de nombreux fossiles des zones à *Amm. transversarius*, à *Amm. bimammatus*, à *Amm. tenuilobatus*, du tithonique inférieur (calcaire d'Inwald) et des bancs à *Terebr. janitor*.

A cette occasion, M. Mœsch reprend l'étude de ce qu'Escher, puis M. Bachmann, ont nommé les roches exotiques du Haut-Toggenbourg et spécialement du rocher de Berglitten qui se trouve dans la zone de flysch des environs de Grabs sur le versant septentrional de ce massif. Il en complète l'étude paléontologique et indique 28 espèces tithoniques qui y ont été recueillies. Il ne regarde pas ce rocher comme un bloc exotique, mais bien comme un terrain en place dont l'affleurement, de 300 pieds de longueur et 80 pieds de hauteur, fait suite à un autre banc de même nature, mais un peu moins considérable. Cet affleurement est le commencement d'une série de récifs (*Klippe*) semblables à ceux des Carpathes, qui se poursuivent par les environs d'Yberg (Schwytz), les Mythen, les environs de Stanz, ceux du lac de Thoune, le pied du Niesen, jusque dans la chaîne du Stockhorn et qui sont constitués par des terrains divers, du crétacé au trias; l'auteur se rattache pour l'explication de leur formation à la théorie de M. Neumayr [1].

Le terrain jurassique inférieur, moins développé que le supérieur, renferme, aux environs de Wallenstadt et de Sargans, les horizons suivants : Oolite callovienne à *Amm. Parkinsoni,* dans laquelle se trouve le minerai de fer de Gonzen; couches inférieures à *Amm. Parkinsoni;* couches à *Amm. Humphriesianus,* à *Amm. Murchisonæ,* à *Amm. opalinus.* Enfin, près de Bärschiss, se trouvent des affleurements des couches à posidonomyes du lias supérieur et des couches de Kœssen qui sont riches en fossiles.

Le groupe suivant, dont le Mürtschenstock et le Spitzmeilen sont les sommités principales, forme en partie le

[1] *Jahrb. der k. k. g. Reichsanst.*, 1871, XXI, 526.

côté septentrional du double pli des Alpes glaronnaises. Les terrains qui le constituent sont généralement d'époque plus ancienne que ceux du massif précédent; cependant le flysch et le terrain nummulitique sont très développés dans le voisinage de la vallée du Rhin ; c'est là qu'est le gisement de Matt, dans lequel ont été récoltées 53 espèces de poissons fossiles, 2 tortues et 2 oiseaux. Les formations crétacées se trouvent dans le Mürtschenstock seul. Le terrain jurassique supérieur est représenté soit par divers horizons fossilifères (tithonique et zone à *Amm. tenuilobatus*), soit par le calcaire de la Lochseite, qui est inférieur au verrucano, ce que les géologues zuricois expliquent par un renversement, tandis que ce calcaire est regardé par M. Vacek comme plus ancien que cette formation.

L'oxfordien, divers niveaux du terrain jurassique inférieur et plusieurs horizons fossilifères du lias se trouvent aussi dans ce massif. Ils reposent sur le schiste de Quarten, schistes rouges alternant avec des bancs de quartzite, dont l'âge a été très controversé et qu'il faut très probablement ranger dans le Keuper. Au-dessous viennent le calcaire de Vans (calcaire de Röthi ou dolomie de Röthi), souvent transformé en cargneule et associé à du gypse, et le verrucano (sernifite). M. Mœsch ne se prononce pas d'une manière absolue sur l'âge de ces formations dépourvues de fossiles; il les regarde comme comprises entre le terrain houiller et le trias moyen ; le verrucano occupe dans cette région une grande étendue.

Le quatrième de ces massifs, celui du Glærnisch, du Rautispitz et du Wäggithal, présente une série très complète des formations éocènes, crétacées et jurassiques, qui sont remarquablement riches en fossiles. Le flysch de

cette région renferme un grand nombre de blocs exotiques et de récifs (*Klippe*) constitués par des formations variées, du trias au terrain crétacé. M. Mœsch explique ainsi la présence du gypse et de la cargneule dans le flysch des environs d'Yberg; le grand rocher des Mythen qui domine Schwytz a aussi la même origine.

Nous regrettons de ne pouvoir donner ici un aperçu de la structure géologique de ces divers massifs. Ce volume est plein de documents paléontologiques d'un haut intérêt et parmi lesquels se trouvent bien des faits nouveaux. Il aurait été à désirer que l'auteur donnât un résumé général relatif à ces faunes, si bien étudiées par lui. On y trouvera aussi beaucoup de documents sur les sources, les mines, et les exploitations diverses de cette région.

M. Früh[1] a montré le lien intime qui existe entre la nature topographique du Sentis et de la mollasse dans le canton de Saint-Gall et la structure géologique de cette région, la première étant la conséquence directe de la seconde. Les soulèvements des chaînes et les plissements des couches ont été effectués par une pression latérale. On peut compter, entre les lacs de Wallenstadt et de Constance, au moins dix plis répartis entre les chaînes des Churfirsten et du Sentis et la mollasse et qui, suivant leur grandeur et la nature des roches, ont modifié de manières très diverses la nature du sol. Les six chaînes du Sentis décrites par Escher en sont le résultat et l'on en observe trois dans la région de la mollasse. L'auteur énumère ces plis dont on trouvera des descrip-

[1] J. Früh, Geologische Begründung der Topographie des Sentis und der Molasse. *Jahrb. der St-Gall. naturw. Ges.*, 1880.

tions et des figures dans les mémoires d'Escher (Rev. pour 1878, 305), et de M. Gützwiller (Rev. pour 1877, 205). Ce relief s'est formé lentement et l'érosion a agi sur lui dès l'origine. M. Früh explique comment se sont constituées les cinq vallées transversales principales de cette région et les vallées secondaires parcourues par les affluents des premières.

Mont-Blanc et versant sud. M. Vézian[1] a publié une esquisse d'une histoire géologique du Mont-Blanc. Il admet que, dès l'époque triasique, le plan orographique de cette région était déjà tracé par les soulèvements qui avaient eu lieu et que, à l'époque crétacée, certaines parties des Alpes occidentales étaient déjà émergées, ce soulèvement s'étant produit lentement. La chaîne de Belledonne et celle du Mont-Blanc ont donc apparu à la fin de l'époque jurassique et leur émergement a été définitif dès le commencement de la période miocène. Mais c'est à la fin de cette période seulement que celle du Mont-Blanc a pris son relief actuel, et l'auteur rapporte ce fait à une impulsion générale venue de l'intérieur du globe et dirigée verticalement, qui aurait eu en même temps des conséquences importantes pour le relief de toute cette région alpine et de la plaine helvétique. Cette impulsion aurait agi soudainement et porté violemment le Mont-Blanc à sa hauteur actuelle. M. Vézian n'admet pas qu'au moment du soulèvement, cette montagne fût, selon l'opinion de M. A. Favre, recouverte d'une enveloppe de sédiments qui auraient formé autour de lui une voûte complète. Le massif, déjà en partie émergé, ayant un centre cristallin, et recouvert de dépôts houillers, triasiques et jurassi-

[1] A. Vézian, Esquisse d'une histoire géologique du Mont-Blanc. *Annuaire du Club alp. fr.*, 1880, VII, 415.

ques peu puissants, a été au contraire constamment soumis à l'action destructive des eaux depuis le commencement de l'époque crétacée. Il n'est pas dû à un soulèvement en voûte, mais les roches primitives redressées ont été portées, ainsi que celles des Aiguilles Rouges, à des hauteurs diverses par une force interne, tandis que la nappe sédimentaire qui le recouvrait a été disloquée et s'est effondrée dans les intervalles. M. Vézian se rattache donc à la théorie formulée récemment par M. Lory (Rev. pour 1878, 377). La structure en éventail serait due à l'écartement des parties supérieures des strates qui, élevées à une grande hauteur au-dessus de la région environnante, n'ont plus été maintenues sur leurs flancs. Cette hypothèse exclut toute idée de refoulement latéral.

Aucune action dynamique n'a agi sur le Mont-Blanc depuis le commencement de l'époque pliocène, mais son relief a été considérablement modifié par l'érosion, à laquelle cependant M. Vézian n'attribue pas une puissance aussi grande que d'autres géologues; car il estime que, depuis cette époque, le sommet du Mont-Blanc ne s'est pas abaissé de 200^{m}.

L'auteur fait ensuite quelques remarques sur le terrain glaciaire. Il admet l'existence de plusieurs périodes glaciaires pendant l'ère cénozoïque, périodes dont la plus importante a certainement été celle du commencement de l'époque quaternaire.

M. Baretti[1] a publié un travail sur la chaîne du Mont-Blanc, pour prouver que les conditions géologiques dans

[1] Martino Baretti, Aperçu géologique sur la chaîne du Mont-Blanc en rapport avec le trajet probable d'un tunnel pour une nouvelle ligne de chemin de fer. Turin, 1881.

lesquelles un tunnel pourrait être percé sont très favorables. Les recherches sont faites sur le tracé indiqué par MM. de Lépinay et Chabloz et sont accompagnées de cartes et de coupes. Bien qu'on ne puisse répondre de l'imprévu, la structure même de la chaîne, la nature compacte des roches, la disposition de la stratification, paraissent tout à fait propices.

La ligne projetée, arrivant par Morgex dans le Val d'Aoste, entrerait dans la galerie d'accès au nord de Pré-Saint-Didier, près de Champey, à 1026m de hauteur. Cette galerie, longue de 5525m, s'élèverait lentement à 1070m, en traversant les terrains suivants :

Calcschistes, plus siliceux et micacés dans les couches inférieures	1150m
Calcaires avec intercalations rares de roches micacées ou talqueuses (M. Brisetta)	1650
Micaschistes cristallins (60m), calcaire caverneux (15m), ardoises luisantes (675m), calcaire cristallin (50m), s'appuyant au Mont Chétif	800
Gneiss et schiste cristallins (Mont Chétif)	1175
Schistes alumineux du terrain anthracifère et calcaires schisteux	750
	5525m

Le grand tunnel partirait d'un point situé à 180m au-dessous de la surface du sol sur la rive gauche de la Doire du Val Veni, à 800m environ en amont de son confluent avec la Doire du Val Ferret. Il traverserait sur une longueur de 13100m le massif du Mont-Blanc, suivant la direction O. 40° N., pour déboucher à Taconnaz, un peu au-dessous du glacier de ce nom, à 1010m de hauteur. La ligne superficielle correspondante passe un peu au S.-O. du Mont-Fréty, presque à la cime du Mont-Blanc de Tacul (4249m) et un peu au N. des Grands Mulets (3050m).

Voici quelle serait la nature et l'épaisseur approximative des roches dans lesquelles il serait percé :

Calcaires schisteux et schistes alumineux presque ardoisiers	3625^m
Gneiss quartzeux	275
Protogine	5600
Schistes cristallins gneissiques	3125
Calcaires et schistes	475
	13100^m

Tandis que, dans la galerie d'accès, les roches plongent généralement au S. et au S.-E., dans la grande galerie elles présentent une structure en éventail bien caractérisée, le plongement sur le versant italien se faisant vers le N.-O., celui du versant savoisien se faisant au S.-E., et les couches centrales étant verticales. L'auteur donne un grand nombre de mesures très précises sur la direction et l'inclinaison des couches que ses coupes et plans permettent d'ailleurs de suivre de la manière la plus nette.

A la suite des glissements de terrains survenus dans la vallée de la Doria Riparia, entre Chiomonte et Salbertrand, et qui ont interrompu la circulation sur la ligne du Mont-Cenis, M. Baretti [1] a été chargé de faire l'étude de la constitution de cette vallée. Il a publié une série de coupes et une carte géologique à une grande échelle de la partie de la vallée comprise entre les deux stations, et présenté des observations sur quelques points plus dangereux du tracé de la voie ferrée.

Cette vallée est constituée par trois formations princi-

[1] Baretti, Relazione sulle condizioni geologiche del versante destro della valle della Doria Riparia tra Chiomonte et Salbertrand, 1881.

pales : le gneiss ancien, la zone de la pierre verte (roches magnésiennes, amphiboliques, serpentine, calcaire cristallin), et un étage de calcaires semi-cristallins, de cargneule et de gypse. Ces roches sont superposées en couches plus ou moins inclinées suivant les lieux et en partie recouvertes dans le fond et sur les flancs de la vallée de terrain glaciaire, de cones de déjection et d'alluvions modernes. L'inclinaison des strates, la rapidité des pentes et la nature même de ces terrains déterminent les circonstances qui exposent à des accidents le tracé de la ligne ferrée.

Le Comité géologique italien [1] a fait paraître à l'occasion du congrès international de Bologne, une carte géologique de l'Italie à l'échelle de 1 : 1,111,111, qui a pour nous un intérêt spécial, puisqu'elle représente une grande partie de la chaîne des Alpes ; on y voit figurés tout le versant italien et les versants occidental et septentrional jusqu'à une ligne passant par Fréjus, Briançon et Genève à l'ouest, Thoune, Coire, Brixen et Klagenfurt au nord. Les recherches les plus récentes ont été utilisées, et ce travail donne, malgré la petitesse de l'échelle, un résumé assez net de la structure de la chaîne. Les terrains anciens sont répartis suivant la classification adoptée par Gastaldi et par M. Baretti, et sont, à partir des plus anciens : gneiss ancien ou central, pierre verte, gneiss et schistes cristallins ; une couleur est consacrée à chacune des subdivisions suivantes : silurien, carbonifère et permien, trias, lias et jurassique, crétacé, éocène, miocène, pliocène, quaternaire, moderne; un grand nombre de teintes indiquent les roches éruptives et volcaniques.

[1] Carta geologica d'Italia, compilata....., publicata per cura dell' Ufficio geologico, 1881.

Dans les Alpes occidentales, le gneiss ancien limite la plaine italienne du Mercantour au Grand-Paradis. A cette zone succède au N.-O. de cette montagne, celle de la pierre verte qui forme une partie du Val d'Aoste et des Alpes valaisannes, et prend son plus grand développement dans les massifs du Mont-Rose et du Cervin. Plus au nord se trouve la zone de gneiss récent et de schistes cristallins du Mont-Blanc, des Alpes bernoises et du Gothard. Le grand massif de gneiss du Tessin est aussi classé dans cette dernière catégorie. Les plis de ces formations renferment les intercalations de terrains houiller, triasique et jurassique.

M. F. Rolle [1] a publié le texte relatif à la feuille XIX de la carte géologique de la Suisse qui comprend une partie des bassins du Tessin et de la Maira, ou la contrée environnant Bellinzona dans le Tessin et Chiavenna en Italie. Nous avons déjà rendu compte de deux mémoires de l'auteur sur cette région (Rev. pour 1878, 312, et 1879, 104) et nous ne reviendrons pas sur les points que nous avons déjà exposés. Voici la série des formations observées dans cette contrée :

1. Le gneiss occupe une grande partie de cette région. Il a été recouvert d'une grande épaisseur de formations et a apparu par suite des plissements à une époque plus récente, difficile à déterminer, mais à l'époque houillère il y avait déjà là un continent sur le pourtour duquel se formaient des dépôts. Le gneiss alterne avec des micaschistes et renferme fréquemment du granit en bancs ou en filons, des schistes amphiboliques, de la serpentine et du marbre blanc.

[1] Rolle, Das sudwestliche Graubünden und nordöstliche Tessin. *Matér. pour la carte géol. de la Suisse*, 1881, XXIII.

2. Gneiss amphibolique s'étendant de la Valteline jusqu'à Melirolo près de Bellinzona où il disparaît, et paraissant correspondre à une zone de schistes amphiboliques, de pierre ollaire et de serpentine, qui se trouve 20 kilomètres plus au nord dans le Val Bregaglia jusque vers Chiavenna où elle est subitement interrompue.

3. Micaschistes formant une série de zones et reposant sur le gneiss là où manquent les roches précédentes. A leur partie supérieure se voient des roches désignées par Théobald sous le nom de schistes de Casanna et qui leur sont étroitement liées.

4. Schistes verts de Losone, près de Locarno, d'âge indéterminé.

5. Verrucano, roches cristallines d'époque houillère, permienne ou triasique inférieure. L'auteur rapporte à ce terrain le gneiss de Rofla, roche verte, avec des intercalations de calcaire, de dolomie et d'hématite, qui correspond aux roches cristallines et aux conglomérats de la vallée du Rhin antérieur. Il faut aussi classer dans ce terrain des schistes verts et gris de la Valteline au sud du Suretta. A l'ouest du méridien du Splügen et de Domaso au lac de Come, il n'y a plus de roches du verrucano, et les terrains triasiques reposent directement sur les micaschistes.

6. Calcaire et dolomie triasiques très puissants, entre Mesocco et le Splügen, dans les montagnes de Ferrera, d'Avers et de Madris, et dans les environs de Chiavenna, mais manquant plus à l'ouest près de Bellinzona et de Locarno. Ils renferment parfois du gypse.

7. Schistes des Grisons, développés seulement dans la partie nord de la feuille, ayant une épaisseur de 1000^m environ, verts à la base, gris dans la partie supérieure.

M. Rolle y a distingué plusieurs variétés de roches et les rapporte au lias, les schistes gris du moins, à cause des bélemnites des Nuffenen.

8. Calcaire jurassique supérieur se montrant au nord du Splügen.

Puis viennent des terrains beaucoup plus modernes, un grès calcaire produit par les érosions, visible sur la route du Splügen, et datant probablement de la fin de l'époque tertiaire, des dépôts glaciaires et des alluvions.

Les terrains plus récents forment des plis dans les intervalles des massifs et constituent une série de zones dans lesquelles ils sont plus ou moins développés, suivant leur degré de compression, la force du soulèvement, les érosions, etc.

La feuille décrite présente, du nord au sud, quatre massifs, ceux du Gothard, du Tessin, du Liro et du Seegebirge dont l'importance va en décroissant dans cette direction. Là où deux massifs sont en contact, le septentrional est renversé sur le méridional, et le plongement est vers le nord; de deux massifs en contact latéral, l'oriental est renversé sur l'occidental, le plongement est à l'est; quand un massif a une intercalation de roches plus récentes qui se dirige obliquement vers le bord, elle se trouve sur le versant nord et plonge à l'est. Telles sont les règles générales observées par M. Rolle dans la disposition de ces massifs; nous ne le suivrons pas dans la description spéciale de chacun d'eux.

M. Rolle considère les Alpes comme une chaîne très complexe produite par des plissements et formée de massifs plus ou moins caractérisés et de zones latérales dont la structure très variée est distincte de celle des massifs. Ceux-ci sont des régions étroites, bien déterminées, à re-

lief accentué, causés par une pression extraordinaire, qui a produit des groupes de plissements, souvent compliqués de cassures. Il est difficile de se rendre compte si ces massifs sont le résultat d'une force ayant agi une fois à un moment déterminé, ou de forces multiples ayant agi à plusieurs époques. Ceux des Grisons présentent nettement le plissement parallèle à la chaîne des Alpes, ainsi que des plissements perpendiculaires à cette direction. La disposition des couches sur le versant nord de chacun d'eux démontre clairement la réalité de ces plissements et la nature des relations qui existent entre les massifs voisins, car ils ne sont point indépendants les uns des autres, mais sont imbriqués comme les écailles d'une cuirasse. Un grand nombre de coupes géologiques accompagnent ce mémoire.

Plaine. M. FRAAS [1] a colorié la feuille de Hohentwiel de la carte géologique du Wurtemberg à 1 : 50000, publiée sous les auspices du gouvernement. Cette région est formée de terrains tertiaires (nagelfluh jurassienne, mollasse d'eau douce supérieure), de terrains quaternaires et de roches éruptives, basalte et tuf basaltique, phonolithe et tuf phonolithique. Une carte plus détaillée à 1 : 6000 représente la région volcanique du Hegau. Le texte qui accompagne la carte décrit cette contrée, formée par un affaissement ou un effondrement de la chaîne du Jura lequel a donné jour aux phénomènes volcaniques.

Les éruptions basaltiques sont disposées le long d'une fente centrale dirigée du S. au N. passant par Hohenstoffeln et Hohenhöwen, et bordée de deux fentes laté-

[1] Fraas, Atlasblatt Hohentwiel. Geognost. Specialkarte von Würtemberg (1/50000), 1881.

rales. Les éruptions phonolitiques, qui datent de l'époque œningienne, sont aussi alignées sur une fente centrale dirigée du S. au N., passant par Hohentwiel et par Hohenkrähen, et une fente latérale passant par Staufen et Schwindel. M. Fraas les croit plus anciennes que les éruptions basaltiques de la zone voisine. Les tufs qui les accompagnent reposent sur la mollasse d'eau douce supérieure à *Unio flabellatus*; on y a trouvé l'*Helix silvana* Kl. et ils contiennent des fragments de roches cristallines de la Forêt-Noire, de trias et de terrain jurassique. L'auteur décrit aussi avec beaucoup de soin le terrain glaciaire qui a recouvert les buttes de phonolithe (688^{m}), mais ne s'est pas élevé jusqu'au sommet de celles de basalte (848^{m} à Hohenhöwen). Il résume aussi les belles découvertes préhistoriques faites dans cette contrée, spécialement à Thaingen (Rev. pour 1876, 170).

En 1868, M. E. Suess avait déjà relevé l'analogie qui existe entre la disposition des couches dans les salines de Wieliczka (Carpathes) et l'axe anticlinal de la mollasse suisse. Une nouvelle coupe de ce gisement donnée par M. Paul[1] vient confirmer les rapports établis par M. Suess. Elle montre qu'il y a, au pied des Carpathes, non seulement une, mais plusieurs selles déjetées vers le nord et qui ont dû être produites par la pression horizontale exercée lors du soulèvement de cette chaîne. La ressemblance avec la disposition des terrains en Suisse est d'autant plus grande, qu'on a observé dans cette contrée, outre la ligne anticlinale principale, plusieurs autres déformations des couches de la mollasse.

[1] Paul, Ueber die Lagerungsverhältnisse in Wieliczka. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1880, XXX, 687.

Roches, géologie dynamique, etc.

Minéraux et roches. M. BACHMANN [1] publie chaque année un rapport sur l'accroissement subi par les collections géologiques et minéralogiques du musée de Berne. On y trouve de nombreuses indications sur des minéraux provenant des Alpes. Un gisement nouvellement découvert dans les gorges du Rhône, près de Ærnen, dans le Haut-Valais, a fourni un grand nombre d'espèces minérales. L'auteur décrit aussi des échantillons de psilomélane, minerai de manganèse découvert dans les Grisons au Tinzenhorn, dans l'Oberalbstein. Ce minerai y est très commun; il a été exploité dans plusieurs endroits et exporté en grande abondance. L'analyse faite par M. Schwarzenbach a donné les résultats suivants :

Silice	55,95
Oxyde de fer	3,43
Oxyde d'oxydule de manganèse	37,27
Calcaire	2,12
Chlorure de sodium	0,80
	99,57

M. COSSA [2] a décrit des cristaux vert-clair de grosseur diverse et de forme sphérique contenus dans une roche d'amiante qui provient de Franscia, près de Lanzada, dans le Val Malenco. Ce minéral présente les faces du rhombododécaèdre, est isotrope, parfaitement transparent,

[1] Bachmann, Bericht über die mineralogisch-geologische Sammlung des städtischen Museums der Naturgeschichte in Bern, für das Jahr 1880. *Mittheil. naturf. Ges. Bern*, 1881, 3.

[2] Cossa, Sopra un granato verdi di Val Malenco. *Atti d. R. Accad. dei Lincei*, 1880, IV, 234.

a un aspect vitreux et une dureté presque semblable à celle du quartz. L'analyse indique une composition identique à celle du grenat :

Silice	34,91
Oxyde ferrique	31,69
Oxyde ferreux	1,19
Chaux	32,18
Alumine et magnésie	traces
	99,97

M. Damour[1] a signalé un minéral de composition presque semblable trouvé à Zermatt dans l'asbeste, mais à cristaux moins réguliers et moins transparents.

M. Renevier[2] a communiqué les résultats des analyses faites par M. Marshall Hall de quelques minéraux du Valais.

M. Polli[3] a fait connaître un nouveau gisement de molybdénite qui se trouve dans la vallée du Sacro Monte au nord de Brissago, près du lac Majeur (Tessin), entre la Valletta dell' Uovo et la Valle del Bossaje. Ce minéral, à structure lamelleuse, sans indices bien nets de cristallisation, est disséminé en petites masses dans une roche quartzeuse.

M. Sanzoni[4] a décrit une pyrite provenant des dolomies du Binnenthal.

M. Seligmann[5] a donné la description de quelques

[1] Damour, *L'Institut*, décembre 1879.

[2] *Bull. Soc. vaud.*, 1881, XVII, p. XLIII.

[3] P. Polli, Su di un nuovo giacimento di Molibdenite. *Atti della Soc. ital. di Sc. natur.*, 1880, XXII, 305.

[4] Sanzoni, Pyrit von Binnenthal. *Zeitschr. f. Kryst. und Mineral.*, 1880, V, 252.

[5] Seligmann, Ueber Anatas aus dem Binnenthal. *Neu Jahrb.*, 1881, II, 269.

nouveaux échantillons d'anatase trouvés dans la même vallée.

Nous devons à M. Strüver [1] la description et l'analyse de cristaux de pérowskite trouvés au Mont Lagazzolo, dans le Val Malenco (Valteline).

M. Cossa [2] a analysé une stilbite trouvée dans le gneiss de l'Aiguille Grise, près du dôme du Gouter, au-dessus du glacier du Miage. Ce minéral est en masse fibreuse, blanche, associée à des cristaux de heulandite ; la dureté en est de 3,5, sa densité à 15°, 2,14 à 2,18. L'analyse a donné les résultats suivants :

Eau	18,26
Silice	56,47
Alumine	17,09
Chaux	7,74
Soude	traces
	99,56

La mollasse renferme au nord de Thoune, dans les Lauenen, sur la nouvelle route qui mène à Goldischwyl, des concrétions calcaires au milieu de marnes rouges et violettes. De petits glissements et des dislocations ont eu lieu dans les bancs de grès et de nagelfluh ; elles sont remplies de veines de spath calcaire, dans lesquelles M. Bachmann [3] a trouvé des cristaux disséminés de baryte. Ce minéral est gris-blanc, à éclat vitreux. Sa dureté est de 3,5, sa densité 4,5. Il n'avait pas encore été reconnu dans la mollasse, dans laquelle on n'a encore constaté que du spath cal-

[1] Strüver, Sulla Perowskite di Val Malenco. *Mem. Accad. dei Lincei*, 1880, IV.

[2] Cossa, Sulla stilbite del ghiacciajo del Miage (Monte Bianco). *Atti d. R. Acc. d. Lincei*, 1881, V, 86. *Boll. Com. g. d'Ital.*, 1880, 520.

[3] Bachmann, Schwerspath, neues Vorkommen bei Thun. *Mittheil. naturf. Ges. Bern.*, 1880, 93.

caire, le cristal de roche, le gypse, les sulfates de soude et de magnésie, et la chabasite.

M. N. Pellati[1] a fait, avec l'aide de plusieurs géologues, une étude générale des serpentines de l'Italie. Il les a examinées dans les Alpes, les Apennins et la Calabre. Une grande partie d'entre elles, spécialement celles de l'Apennin, appartiennent à l'époque tertiaire; elles sont réparties en divers groupes qui affleurent tous au milieu du flysch et exceptionnellement dans le pliocène (S. Miniato). Un autre groupe non moins important est celui des serpentines prépaléozoïques qui s'étend tout le long du versant méridional de la chaîne des Alpes commençant à l'O. de Gênes, passant par le Mont-Viso, le Grand-Paradis, le Mont-Rose, le Tessin, la Valteline jusqu'au mont Tressero près de Bormio. Des Alpes Maritimes, il se prolonge au sud par la Corse et l'archipel toscan dans la Calabre. Gastaldi est le premier qui leur ait donné une place dans la série stratigraphique, en prouvant leur alternance avec des gneiss, des micaschistes et des calcaires dans la zone de la pierre verte. Leurs caractères minéralogiques diffèrent peu de ceux des serpentines éocènes; la bastite paraît plus fréquente dans ces dernières d'après les observations de M. Cossa.

M. Gastaldi a attribué à ces roches, de même qu'aux gneiss, aux calcaires cristallins, etc., auxquelles elles sont associées, une origine sédimentaire en admettant qu'elles ont été transformées ultérieurement par le métamorphisme. Cette explication ne peut s'adapter aux serpentines tertiaires de l'Apennin. MM. Taramelli, Capacci, Issel et Mazzuoli se sont rattachés à l'opinion que ces der-

[1] N. Pellati, Studii sulle formazioni ofiolitiche dell' Italia. *Bollet. R. Comit. geol, d'Italia*, 1881, 458.

nières ont fait éruption dans la mer éocène sous la forme d'un magma pâteux magnésien. Elles ne seraient donc pas des roches ignées; leur formation n'est liée à aucun de ces phénomènes de contact qui sont la conséquence de l'apparition des roches éruptives. Les autres roches magnésiennes qui sont intimement unies à la serpentine, diorite, aphanite, variolite et euphotide, seraient dues à des mélanges et combinaisons de matériaux argileux qui se déposaient dans cette mer avec les éléments fournis par des sources thermales et minérales pendant l'époque d'éruption des serpentines. Cette théorie qui demande encore à être confirmée par de nouveaux faits, pourrait aussi s'appliquer à l'origine des serpentines prépaléozoïques.

M. Bonney[1] a exécuté des recherches sur quelques serpentines des Alpes rhétiques ; plusieurs proviennent de Rofna au Julier, de filons dans le Val da Faller près de Molins, et d'un autre filon au-dessus de Molins sur la route du Julier; ces roches paraissent dériver d'une enstatite à olivine. Les serpentines de Marmels au Julier sont des enstatites pyroxéniques et à olivine, métamorphiques. Celles de l'Alp Stalvedro et de la rive gauche du lac Sils sont des lherzolithes modifiées. Il est du reste impossible de dire quelque chose de certain sur l'âge de ces roches, qui se trouvent au milieu des schistes des Grisons. La serpentine de Marmels est traversée par du gabbro fortement décomposé.

M. Vacek[2] a décrit la nature minéralogique et chimique des schistes argileux des Grisons et il a constaté leur très grande ressemblance avec les schistes argileux du

[1] Bonney, On some serpentines from the Rhætian Alps. *Geolog. Magaz.*, 1880, VII, 538.

[2] Ueber die Schichtfolge.....

canton de Glaris, étudiés par M. Pfaff (Rev. pour 1880, 158). Ils sont formés de calcaire grenu, séparé par des lentilles ou des couches de schiste argileux ; on y trouve du quartz, du mica potassique, rarement du mica magnésien, des aiguilles de schiste argileux, de l'oxyde de fer hydraté, des colonnettes de tourmaline et de rutile. L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

Insoluble par les acides	35,60
Eau	0,58
Acide carbonique	27,36
Chaux	28,57
Magnésie	2,60
Fer oxydé hydraté	4,86
	99,57

Ils renferment donc 51 °/₀ de carbonate de chaux et 5,39 °/₀ de carbonate de magnésie. Les parties insolubles se composent de quartz et de mica. Dans les schistes de Glaris, plus pauvres en carbonates, ces éléments sont disséminés en petits grains dans la masse au lieu d'y être réunis en bancs; on pourrait regarder ces derniers comme un détritus finement stratifié des premiers.

M. WATERS[1] a étudié au microscope plusieurs roches des Alpes vaudoises : le calcaire nummulitique des Diablerets (Rev. pour 1880, 234), le calcaire urgonien compacte, qui est presque entièrement rempli de foraminifères, le bathonien des environs de Villars, composé de petits grains de sable et d'organismes pulvérisés, le calcaire dolomitique des environs de Gryon et le marbre blanc de Saillon, qui ne renferment aucune trace organique, et un calcaire probablement triasique de la Tinière,

[1] A.-W. Waters, Quelques roches des Alpes vaudoises étudiées au microscope. *Bull. Soc. vaud.*, 1880, XVI, 593.

lequel renferme des *Radiolaria.* L'auteur donne plusieurs figures des échantillons examinés et il insiste, en terminant, sur l'utilité dont serait ce genre de recherches pour les roches alpines qui sont si souvent dépourvues de fossiles visibles.

M. MARSHALL-HALL[1] a analysé une roche dolomitique qui se trouve à Saas-im-Grund, à dix minutes de l'hôtel Monte-Moro, dans la vallée de Saas, intercalée entre des schistes micacés au N. et des schistes gneissiques au S. Elle a donné les résultats suivants :

Résidu insoluble................	15,27
$Si\,O^2$..........................	0,15
$Fe\,O$ et $Al^2\,O^3$................	2,34
$Ca\,O\,C\,O^2$.....................	45,09
$Mg\,O\,CO^2$......................	37,90
	100,75

Une analyse partielle du résidu insoluble a donné :

$Si\,O^2$...........................	72,50
$Fe\,O$ et Al......................	1,83
$Ca\,O$...........................	0,18
$Mg\,O$..........................	0,02

Par suite de l'abondance de la silice et de la faible proportion de magnésie, l'auteur pense que cette roche a été d'abord déposée comme simple calcaire ; ces deux éléments auraient été apportés par des eaux d'infiltration; la magnésie aurait remplacé une partie de la chaux et la silice se serait déposée secondairement entre les feuillets.

Le même auteur a donné l'analyse suivante du marbre brun d'Arvel, près de Villeneuve :

[1] Marshall-Hall, Analyse d'une roche dolomitique du Val de Saas. *Bull. Soc. vaud.*, 1881, XVII, 592.

Insoluble dans l'acide nitrique.....	1,23
Précipité par l'ammoniaque	2,66
Carbonate de chaux..............	92,87
Carbonate de magnésie...........	2,69
	99,45

et du marbre noir compacte, à veines blanches, de Saint-Triphon.

Insoluble dans l'acide chlorhydrique.	13,45
Précipité par l'ammoniaque	1,26
Carbonate de chaux..............	83,45
Carbonate de magnésie...........	2,10
	100,26

M. De Tribolet [1] a publié une note sur les carrières de marbre de Saillon (Valais) dont nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler (Revue pour 1880, 160).

Nous devons à M. Hollande [2] une analyse des eaux minérales de la Boisse près de Chambéry.

Suivant le rapport de M. Russet [3], des irruptions de grisou ont eu lieu dans les salines de Bex, dans la partie inférieure de l'exploitation du Bouillet. Un puits de 100^m a été creusé dans le roc salé; trois des quatre galeries horizontales aboutissant au fond de ce puits, ont été envahies par ce gaz dont les jets ont été captés et servent maintenant à l'éclairage de la mine.

Chaleur interne. M. Stapff [4] a publié une réponse au

[1] M. de Tribolet, Note sur les carrières de marbre de Saillon en Valais. *Bull. Soc. Neuchâtel.*, 1881, XII, 261.

[2] Hollande, Analyse des eaux de la Boisse. *Bull. Soc. géol. de France*, 1879, VII, 692.

[3] *Bull. Soc. vaud.*, 1881, XVII, p. XXXI.

[4] Stapff, De l'accroissement des températures à l'intérieur des hautes montagnes. *Rev. univers. des mines,* 1880. — J'ai oublié de

mémoire de M. Lommel sur le grand tunnel du Simplon au sujet de la question de l'accroissement de la température à l'intérieur des hautes montagnes; je me borne à indiquer ce travail, cette discussion qui se poursuit depuis deux ans ne rentrant pas dans le cadre de cette Revue.

Failles et plissements. M. ROTHPLETZ [1] pense que l'on a souvent trop atténué le rôle des failles dans la géologie de la Suisse et qu'on arrivera à leur attribuer une valeur plus grande dans le relief de nos montagnes. Il en indique plusieurs importantes qu'il a observées dans les Alpes.

M. LORY [2] a déjà souvent insisté sur le rôle important des failles dans la structure géologique des Alpes occidentales. Il a développé ces idées dans un travail récent. « Depuis les premiers gradins calcaires du versant français, toutes les failles importantes sont de même sens et relèvent la série des terrains par gradins successifs, jusqu'à celle qui, à Saint-Michel en Maurienne, ou encore au col du Petit-Saint-Bernard, fait surgir le grand massif des grès à anthracite. Mais, de l'autre côté de ce massif, à Briançon, à Modane, etc., la compensation s'établit par une grande faille inverse, qui abaisse l'ensemble des terrains vers l'Italie. Cette grande bande de grès à anthracite que l'on peut suivre des environs de Guillestre

citer, dans la *Rev.* pour 1880, le mémoire de M. Stapff : Répartition de la température dans le grand tunnel du Gothard. *Rapports trimestriels du Conseil fédéral, VIII, annexe.* J'ai cependant donné un résumé de ce travail (p. 138) d'après le compte rendu qu'en a fait M. Giordano.

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1881, VI, 294.

[2] Lory, Observations sur le rôle des failles dans la structure géologique des Alpes occidentales. *Comptes rendus Ac. des Sc.* 1881, XCIII, 821.

(Hautes-Alpes) jusqu'à ceux de Sion en Valais, forme ainsi la clef de voûte de l'édifice alpin. »

Ces grandes failles divisent les Alpes en plusieurs zones longitudinales qui diffèrent les unes des autres par leurs caractères orographiques et par la nature des terrains qui les constituent. L'étage des grès à anthracite est propre à la troisième zone. Le trias, très mince dans la première zone, présente dans la deuxième et dans la quatrième, un immense développement de son étage supérieur, celui des schistes lustrés, et dans la troisième le développement maximum de son étage inférieur, celui des quartzites. Les terrains crétacés et jurassiques moyens caractérisent la zone des chaînes subalpines et se terminent brusquement avec leur puissance maxima au bord de la faille qui passe par Grenoble, Albertville et Sallanches.

« Ces arrêts ou ces variations brusques de développement au bord des failles ne sauraient s'expliquer par des dénudations. Il faut admettre que des dépôts sédimentaires extrêmement puissants, de 1500^m ou 2000^m d'épaisseur et même plus, ont été limités, pendant toute la durée de leur formation, à des plans qui ne pouvaient pas être bien éloignés des failles actuelles. » Ces failles faisaient ainsi l'office de rivages. Beaucoup de ces dépôts ont dû être formés dans des eaux peu profondes, et sont dus à des affaissements lents et progressifs; d'autres attestent des mouvements plus brusques. La nature des terrains jurassiques et crétacés du callovien au sénonien supérieur, dont l'épaisseur est d'environ 2000^m, indique une tranquillité parfaite dans l'affaissement et des rivages constamment bas et sans falaises. Ces grandes fractures du sol ont donc joué dès les temps anciens un rôle important dans la formation même des dépôts.

M. DAUBRÉE [1] poursuit depuis plusieurs années des recherches expérimentales sur les déformations et les cassures de l'écorce terrestre. Un grand nombre de phénomènes naturels, les joints ou diaclases, et les failles ou paraclases, si abondants dans les terrains les plus divers et dans toutes les contrées, sont expliqués et coordonnés par ces expériences. L'auteur a commencé l'application de ses recherches dans les terrains peu bouleversés, aux environs de Paris où ce réseau de cassures qui a passé jusqu'ici presque inaperçu, se présente cependant avec la plus grande netteté. Il l'a continuée [2] sur les roches disloquées à la suite d'actions mécaniques énergiques, et il a choisi pour ses observations les terrains qui encaissent l'extrémité orientale du lac de Genève. La mollasse des environs de Clarens présente de toutes parts des diaclases très nettes, souvent très rapprochées et disposées suivant deux systèmes dirigés en moyenne N. 27° E. et N. 106° E. dans la colline des Crêtes; N. 33° E. et N. 108° E. dans les carrières de Baugy. On y reconnaît aussi de véritables paraclases qui ont produit des rejets considérables et présentent de nombreuses surfaces striées. Les couches jurassiques des environs de Montreux ont été aussi soumises à de nombreuses diaclases; comme dans la mollasse, elles sont si rapprochées qu'elles ressemblent

[1] Daubrée, Application de la méthode expérimentale à l'étude des déformations et des cassures terrestres. *Bull. Soc. géol.*, 1879, VII, 108. — Application de la méthode expérimentale à l'étude des caractères de divers ordres que présente le relief du sol. *Ibid.*, 1879, VII, p. 141. — Sur les réseaux de cassures ou diaclases qui coupent la série des terrains stratifiés : Exemples fournis par les environs de Paris. *Ibid.*, 1880, VIII, 468.

[2] Daubrée, Caractères géométriques des diaclases dans quelques localités des Alpes suisses et des régions adjacentes. *Bull. Soc. géol.*, 1881, IX, 559.

par places à une seconde stratification. Elles sont disposées suivant deux systèmes dirigés N. 13° E. et N. 114° E. dans les gorges de Chaudron, N. 35° E. et N. 132° E. à Glion. Presque toutes sont imprégnées de calcite. Quelques gorges et ravins sont visiblement dus à des diaclases préexistantes. Les escarpements de Meillerie, ceux de Bourg-Saint-Maurice présentent le même phénomène. L'auteur a poursuivi ses observations dans la vallée de Zermatt où les diaclases prennent des dimensions imposantes; mais en se rapprochant des hautes sommités du Mont-Rose et du Cervin, elles perdent leur régularité, ce qui provient probablement de ce que les efforts se sont exercés d'une manière plus complexe près de ces grands centres de soulèvement. « Mais il suffit, dit M. Daubrée, des caractères de régularité qui apparaissent çà et là pour qu'on soit en droit d'assimiler toutes ces cassures à celles que des pressions ou des torsions déterminent artificiellement et qui, elles aussi, ne sont régulières que dans des conditions pour ainsi dire exceptionnelles de symétrie, rarement réalisées dans la nature. » Toutes ces irrégularités se rattachent toujours à des causes accidentelles et locales. En terminant, l'auteur signale encore les observations faites dans le tunnel du Gothard où M. Stapff a pu mesurer des milliers de lithoclases et constater en divers points des nœuds de failles qui présentent la plus grande analogie avec les résultats obtenus dans les expériences.

M. Baltzer a démontré (Rev. pour 1878, 379) que beaucoup de roches ont subi après leur consolidation des plissements non accompagnés de fractures et que, toutes choses égales d'ailleurs, leur flexibilité dépend de la proportion d'argile qu'elles renferment. D'accord avec

M. Heim, il pense que des roches dépourvues d'argile ont subi à l'état solide des flexions sans fractures. M. Gumbel est d'une opinion contraire (Rev. pour 1880, 161), et la base sur des recherches faites à l'aide du microscope. M. Baltzer[1] a repris avec cette dernière méthode l'étude des roches calcaires et quartzeuses de l'Oberland, entièrement dépourvues d'argile. Il établit que le nombre des fissures est beaucoup trop petit pour suffire à expliquer les contournements des couches, et il conclut que si un grand nombre d'entre eux peuvent être produits par ces fissures et les déplacements des fragments, ce qui expliquerait entre autres les clivages plissés de l'Eiger et du Mönch, il y a cependant beaucoup de cas de plis sans fractures.

Tremblements de terre. Le grand nombre de tremblements de terre qui ont eu lieu depuis quelques années dans l'Europe centrale, a attiré spécialement l'attention sur ces phénomènes. Des commissions se sont constituées en Suisse et dans l'Allemagne méridionale pour les enregistrer. En Autriche, il ont provoqué une série d'importantes recherches.

M. R. Hœrnes[2] a publié une statistique des tremblements de terre de la Styrie en 1880; et celui du 9 novembre 1880, dont Agram a été le centre, a été l'objet d'un grand nombre de publications. M. de Hochstetter[3] a résumé ces diverses observations. Recherchant les causes

[1] Baltzer, Ueber gebogene Gesteinschichten. *Tageblatt der Versamml. d. deutsch. Naturf. und Aerzte zu Salzburg*, 1881.

[2] R. Hœrnes, Erdbeben in Steiermark während des Jahres 1880. *Mittheil. naturw. Ver. für Steiermark*, 1880.

[3] F. von Hochstetter, Ueber Erdbeben. *Beil. zu den Monatsbl. des Wissensch. Club in Wien*, 1880, II, 1.

de ces phénomènes, il distingue les tremblements de terre volcaniques, qui ont lieu dans des régions où se trouvent des volcans actifs; ceux qui sont produits par des effondrements et dont l'origine est due à des érosions internes; et ceux qui sont produits par des dislocations internes ou tremblements de terre tectoniques; c'est à cette dernière catégorie qu'appartiennent les phénomènes les plus nombreux et les plus violents; ils ont lieu dans les régions montagneuses et leur cause est due à des ruptures provenant de la contraction de l'écorce terrestre. Les Cordillères dans l'Amérique méridionale, l'Espagne, les Apennins, l'Asie Mineure, sont spécialement sujets à ce genre de phénomènes ainsi que la chaîne des Alpes dans laquelle on en a constaté 1086, de 1850 à 1857, dont 81 dans les Alpes orientales; si ceux des Alpes occidentales sont tellement plus nombreux, cela tient à ce qu'ils ont été mieux observés. M. SUESS [1], voué depuis longtemps à l'étude de ces phénomènes, a développé la théorie de l'origine des tremblements de terre tectoniques. Il est maintenant généralement admis que les chaînes de montagnes sont dues à un refoulement latéral et sont des ridements de l'écorce terrestre provenànt de sa contraction. En Autriche, la direction de cette contraction est vers le N., le N.-E. et le N.-O.; mais celle des chaînes est modifiée par les points de résistances des trois massifs de la Bohême, de la Gallicie et de la Croatie. Partant de cette base, M. Suess distingue des tremblements de terre transversaux, et d'autres longitudinaux, ayant lieu suivant des lignes spéciales qui sont des centres d'ébran-

[1] Suess, Ueber die Erdbeben in der österreichisch-ungarischen Monarchie. *Beil. zu den Monatsbl. des wissensch. Club in Wien*, 1880, II, 15.

lement; dans les premiers, la secousse initiale est généralement la plus forte, puis on en ressent une série de moindre importance; dans les seconds les secousses les plus fortes ne sont généralement pas celles du commencement. La cause de ces phénomènes est une force qui, agissant sur les roches dans une mesure qui dépasse leur limite d'élasticité, produit une rupture sur quelque point.

Dans un mémoire sur les modifications que subissent les montagnes, M. Hœrnes[1] démontre qu'il n'est pas logique de supposer que les forces qui ont agi avec une grande énergie jusque dans les périodes géologiques les plus récentes ont cessé d'agir dans la période actuelle et que la terre est encore soumise à la force de contraction qui a formé les chaînes de montagnes. Il rapporte donc les tremblements de terre tectoniques à la même cause que M. Suess et que M. Heim (Rev. pour 1880, 174), confirmant ainsi l'opinion qu'il avait émise dans un mémoire antérieur[2], et celle de plusieurs autres géologues.

M. A. Heim[3] a publié une statistique des tremblements de terre survenus en Suisse de novembre 1879 à décembre 1880, d'après les documents recueillis par la commission nommée à cet effet. Une planche accompagne la description de celui du 7 janvier, dans les Grisons, sur lequel des documents très précis ont été réunis. 69 secousses ont été constatées pendant cette période; 46 ont eu lieu dans le cours de 1880.

[1] R. Hœrnes, Die Veränderungen der Gebirge und ihre Beobachtung. *Jahrb. d. österreich Touristen-Club*, 1880, XII.

[2] Erdbeben-Studien. *Jahrbuch des k. k. geol. Reichanst.*, 1878, XXVIII.

[3] A. Heim, Die schweizerischen Erdbeben von November 1879, bis Ende 1880.—Une rectification relative au tremblement de terre nº 47 a été publiée plus tard.

M. F.-A. Forel[1], prenant pour base de ses observations le mémoire de M. Heim, a publié une étude sur les tremblements de terre survenus en Suisse pendant la même période. Il répartit les secousses observées en 1880, en 21 tremblements de terre dont il étudie la nature et les effets. Il consigne aussi les documents plus incomplets réunis dans les années précédentes à partir de 1876. Nous nous bornons à indiquer ici ce travail qui a paru dans les *Archives*.

Le même auteur[2] a décrit le tremblement de terre du 30 décembre 1879 (Rev. pour 1880, 176), et en a figuré l'étendue sur une carte. Il y a eu 3 fortes secousses, et une série de plus petites moins bien déterminées. Les trois principales ont leurs aires situées dans la même région ; c'est un tremblement de terre longitudinal, parallèle aux Alpes, dont le centre a été en Savoie, dans le haut de la vallée de la Drance entre Sixt et St-Jean-d'Aulph, aux environs du col de Golèze. La première secousse a été beaucoup plus étendue que les deux suivantes; elle s'est propagée de Lyon et Chambéry à Lucerne sur 300 kilomètres de longueur et sur 150 kilomètres de largeur; la seconde, des environs de Bonneville à Interlaken, la troisième, seulement dans le Chablais. M. Forel a noté et discuté les renseignements sur leur durée, leur direction et les phénomènes concomitants.

Nous devons aussi à cet auteur[3] des renseignements sur

[1] F.-A. Forel, Les tremblements de terre étudiés par la commission sismologique suisse, de novembre 1879 à fin décembre 1880. *Archives des Sc. phys. et natur.*, 1881, VI, 461.

[2] Forel, Tremblement de terre du 30 décembre 1879. *Ann. de l'Observat. tellur. de Berne*, 1880.

[3] *Bull. Soc. vaud.*, 1881, XVII, p. xxxxi. — Voyez aussi Colladon, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1881, XCII, 300.

le tremblement de terre ressenti à Berne, le 27 janvier 1881, à 2 h. 20 minutes du soir et qui a été aussi constaté de Martigny à la Chaux de-Fonds et de Genève au Vully.

M. DE TRIBOLET[1] a donné des détails sur la période de tremblements de terre, du 27 janvier au 18 février 1881, pendant laquelle 12 oscillations ont été ressenties; la principale, celle du 27 janvier, à 2 h. 20 minutes, a été constatée sur une longueur de 250 kilomètres, entre la Haute-Savoie et Schaffhouse, et sur une largeur de 140 kilomètres entre Mulhouse et Glaris. Berne paraît en avoir été le centre. Le tremblement de terre du 3 mars, observé dans toute la Suisse et accompagné de plusieurs autres ébranlements survenus la veille, a eu son centre dans le Haut-Valais à Brigue et à Viége.

Celui du 22 juillet, décrit par le même auteur[2], composé de 6 secousses, a été ressenti sur une longueur de 370 kilomètres de Valence à Bâle, et sur une largeur de 190 kilomètres de Lyon à Suze; la principale secousse, à 2 h. 50 minutes, paraît avoir eu son centre en Savoie.

Le mois de novembre 1881 a été marqué par un nombre exceptionnel de ces phénomènes. M. FORSTER[3] en a publié la statistique. Il y a eu 29 tremblements de terre, avec environ 41 secousses distinctes, répartis sur 17 jours de ce mois.

M. L. SORET[4] a communiqué à l'Académie des Scien-

[1] M. de Tribolet, Les tremblements de terre du 27 janvier et du 3 mars 1881. *Bullet. littér. et scient. suisse*, 1881, V, 61.

[2] M. de Tribolet, Le tremblement de terre du 22 juillet 1881. *Ibid.*, 1881, V, 179.

[3] Forster, Uebersicht der schweizerischen Erdbeben im November 1881. — Berne, 1881.

[4] L. Soret, Sur les travaux de la Commission sismologique suisse

ces une partie des résultats des travaux de la Commission sismologique suisse, et spécialement ce qui concerne les observations faites en Savoie. Il remarque que plusieurs secousses fortement ressenties dans cette contrée et dans la Suisse occidentale n'ont pas été constatées sur la rive sud du lac de Genève, à Thonon et à Evian. Le grand tremblement de terre du 22 juillet 1881 a cependant atteint aussi cette région.

Mouvements du sol. Après avoir constaté l'existence d'oscillations du sol dans les périodes géologiques et à l'époque actuelle, M. Girardot[1] a attiré l'attention sur des phénomènes de ce genre qui se produisent, paraît-il, maintenant dans le Jura. Des villages invisibles les uns aux autres au commencement du siècle et même il y a 30 à 40 ans sont maintenant en vue; on a aperçu d'abord la toiture, puis une bonne partie des murs. Tels sont les villages de Doucier et de Marigny, près du lac Chalain, le premier de ces villages et la grange de Mounans, etc.; ces mouvements sont même assez forts pour qu'on constate que des modifications importantes se sont produites depuis 10 ans. Il serait nécessaire de faire dans cette région des opérations géodésiques d'une grande exactitude.

M. Hirsch[2] a constaté un mouvement brusque du sol sur lequel est établi l'observatoire de Neuchâtel et qui a eu lieu entre le 17 et le 21 février 1881; il pense que ce mouvement pourrait être en rapport avec le tremblement de terre ressenti le 18 février dans le Jura neuchâtelois.

---

et sur les tremblements de terre récemment ressentis en Savoie. *Comptes rendus de l'Ac. des Sc.*, 1881, XCIII, 1130.

[1] Girardot, Note sur les mouvements du sol qui se produisent actuellement dans le Jura. *Mém. de la Soc. d'émul. du Doubs*, 1881.

[2] *Bull. Soc. Neuchâtel*, 1881, XII, 335.

M. Ph. Plantamour[1] a continué ses recherches[2] sur les mouvements périodiques du sol qu'il étudie au moyen des niveaux à bulle d'air à Sécheron, près Genève. Nous nous bornons à citer ici ces observations qui paraissent dans les *Archives*, en rappelant que l'auteur est disposé à expliquer ces oscillations par un état à peu près continuel d'ondulation lente de la croûte terrestre. Il les attribue donc à un phénomène général dû à la plasticité de cette écorce qui subirait encore aujourd'hui les plissements constatés dans les périodes géologiques antérieures. Des faits de même nature ont été constatés à Abbadia près d'Hendayes, à Neuchâtel, à Munich, etc.

M. le colonel Ch. von Orff[3] a étudié aussi ces phénomènes dans les caves de l'observatoire de Bogenhausen, près de Munich, où ses observations ont commencé à partir du 10 juillet 1880.

[1] Ph. Plantamour, Des mouvements périodiques du sol, accusés par des niveaux à bulle d'air. *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1881, V, 97, VI, 601. — *Comptes rendus Acad. des Sc.*, 1881, XCII, 329.

[2] *Archives*, 1879, II, 611.

[3] Ch. von Orff, Sur les mouvements du sol. *Archives*, 1881, VI, 611.

(*A suivre.*)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE.

W. Michler et E. Keller. Produits de substitution dans les urées (*Berichte*, XIV, p. 2181. Zurich).

Les auteurs ont traité par l'oxychlorure de carbone la triphénylguanidine, l'éthylène diphényldiamine et l'éthylène diparatolyldiamine, et en ont obtenu des dérivés.

W. Michler et A. Saraw. Acide méthylphénylamidobenzoïque (*Berichte,* XIV, p. 2180. Zurich).

L'acide méthylphénylamidobenzoïque a été obtenu par l'action de l'oxychlorure de carbone sur la méthyldiphénylamine.

W. Michler et A. Zimmermann. Produits de substitution dans les urées (*Berichte*, XIV, 2177. Zurich).

En traitant la métaphénylènediamine par l'oxychlorure de carbone, on obtient la phénylènurée; en traitant de même la benzidine, il se produit la diphénylènurée; enfin, on obtient un produit analogue par l'oxychlorure de carbone et la paraamidodiméthylaniline.

F.-R. Kaufmann. Urées tétrasubstituées (*Berichte*, XIV, 2185. Zurich).

Michler a déjà obtenu la triphényléthylurée

$$(C_6H_5)_2N{-}CO{-}N\begin{matrix} \diagup C_2H_5 \\ \diagdown C_6H_5 \end{matrix}$$

par l'action du chlorure de la diphénylurée sur l'éthylaniline ; le même corps a été obtenu par Kaufmann par l'action du chlorure de la phényléthylurée sur la diphénylamine.

E. Wild. Diamidosulfobenzide (*Berichte*, XIV, 2184. Zurich).

La diamidosulfobenzide a été préparée en nitrant la sulfobenzide, puis en réduisant; on peut la méthyler complètement, et il se forme même une combinaison de la tétraméthyldiamidosulfobenzide avec le chlorure de méthyle, combinaison qui se décompose par la chaleur. En traitant par l'oxychlorure de carbone, on obtient une urée.

A. Studer. Aniline butylée (*Berichte*, XIV, 2186. Zurich).

L'auteur indique la meilleure manière de préparer l'amidobutylbenzine primaire et en décrit les sels iodhydrique et bromhydrique. Il a reconnu que la formule de la dibutylamidobenzine était bien $C_6H_4—C_4H_9$, $\searrow N—C_4H_9$, $\searrow H$. Il a préparé en outre les corps suivants : le butylanisol $C_6H_4 \begin{cases} C_4H_9 \\ O.CH_3 \end{cases}$ le benzoïlbutylphénol $C_6H_4 \begin{cases} C_4H_9 \\ O.CO.C_6H_5 \end{cases}$ et l'acétylbutylphénol $C_6H_4 \begin{cases} C_4H_9 \\ O.C_2H_3O \end{cases}$; enfin, le butylphénol, traité par l'anhydride phosphorique, donne le bromure d'isobutylène.

A. Weber. Dioxynaphtaline (*Berichte*, XIV, 2206. Zurich).

On peut facilement remplacer l'hydrogène de l'hydroxyle de la dioxynaphtaline par des radicaux alcooliques ou acides, l'auteur a obtenu son éther méthylique $C_{10}H_6(OCH_3)_2$, la diacétyldioxynaphtaline $C_{10}H_6(OC_2H_3O)_2$ et enfin la dibenzoïldioxynaphtaline $C_{10}H_6(OC_7H_5O)_2$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1882.

Le 1er, brouillard tout le jour.
9, gelée blanche le matin.
10, gelée blanche le matin.
11, à 6 h. matin halo lunaire ; gelée blanche le matin. Depuis 6 h soir brouillard.
Du 12 au 30 brouillard persistant et continuel, la limite inférieure de la couche n'atteignait ordinairement pas le sol à la hauteur de l'observatoire, en sorte que les objets à une certaine distance n'étaient pas invisibles, quoique très indistincts ; à partir d'une hauteur de 50 à 60 mètres au-dessus du lac la couche de brouillard devenait beaucoup plus épaisse, et les arbres étaient couverts de givre. Le givre n'a commencé à se déposer à la hauteur de l'observatoire que le 28 de ce mois.
31, forte bise depuis 2 h. après midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	732,58
8 à 10 h. matin	739,55
17 à 10 h. matin	748,71
25 à 10 h. matin	744,65

MINIMUM.	mm
Le 1er à 6 h. matin	728,32
3 à 10 h. soir	719,52
11 à 4 h. après midi	733,83
23 à 6 h. matin	738,62
31 à 2 h. après midi	733,70

Le maximum barométrique du 17 de ce mois est tout à fait exceptionnel ; déjà la veille le 16, à la même heure, 10 h. du matin, le baromètre avait atteint sensiblement la même hauteur, savoir 748^{mm},70. Les moyennes des 24 heures pour ces deux jours sont : 747^{mm},22 le 16, et 747^{mm},06 le 17. Depuis l'année 1836 on ne trouve pas de maximum barométrique aussi élevé que celui de cette année, ou même s'en approchant ; les chiffres les plus élevés notés précédemment sont :

745^{mm},75 le 24 janvier 1849;
745^{mm},95 le 27 janvier 1854;
745^{mm},23 le 10 janvier 1859.

La valeur moyenne du maximum d'après les 40 années 1836-75 est 741^{mm},03, et la date le 13 janvier. Le maximum de 1882 a donc dépassé de 7^{mm},68 la valeur moyenne, et de près de 3^{mm} le maximum le plus élevé des années antérieures. Si la température s'est graduellement abaissée sous l'influence de la couche de brouillard, elle a été en moyenne dans le mois légèrement supérieure à la valeur normale, savoir : + 0°,04 au lieu de — 0°,08, mais l'amplitude de la variation diurne a été énormément réduite ; du 11 au 31 la différence entre le maximum et le minimum a été en moyenne seulement de 2°,6.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	729,05	+ 1,23	— 4,00	— 3,79	— 5,6	— 2,7	3,42	—0,60	1000	+135	1000	1000	...	...	NE. 1	1,00	...	.....	109,6
2	731,63	+ 3,79	— 0,99	— 0,75	— 7,0	+ 3,4	4,08	+0,06	924	+ 59	780	1000	...	...	S. 1	0,82	5,7	+ 0,2	110,0
3	722,44	— 5,42	+ 5,51	+ 5,77	— 1,9	+11,1	4,43	+0,41	656	—209	440	870	...	...	SO. 2	0,46	5,8	+ 0,4	107,0
4	723,53	— 4,34	+ 3,90	+ 4,18	+ 3,0	+ 8,0	5,69	+1,67	947	+ 82	810	980	10,4	9	variable	0,99	5,8	+ 0,5	109,5
5	729,33	+ 1,44	+ 3,23	+ 3,52	— 0,3	+ 5,9	4,53	+0,50	808	— 57	640	960	...	...	NE. 1	0,66	5,9	+ 0,6	108,9
6	731,26	+ 3,36	+ 3,82	+ 4,13	— 0,8	+11,0	5,00	+0,97	826	— 39	660	920	...	...	variable	0,40	6,1	+ 0,8	111,8
7	730,34	+ 2,43	+ 6,19	+ 6,51	+ 2,8	+ 9,8	5,62	+1,59	796	— 69	550	900	0,2	2	variable	0,87	6,2	+ 1,0	106,5
8	738,18	+10,27	+ 1,87	+ 2,19	— 1,2	+ 6,8	3,71	—0,33	736	—129	550	900	...	...	variable	0,06	..	.....	106,0
9	735,22	+ 7,30	+ 2,89	+ 3,21	— 3,4	+ 7,8	3,48	—0,56	643	—221	370	960	0,1	1	SO. 1	0,82	5,7	+ 0,5	106,0
10	736,54	+ 8,62	+ 2,81	+ 3,13	— 0,4	+ 8,8	4,94	+0,89	888	+ 24	660	1000	...	...	SSO. 1	0,00	6,0	+ 0,9	108,0
11	734,38	+ 6,46	+ 0,41	+ 0,73	— 3,1	+ 5,4	4,48	+0,43	937	+ 73	750	1000	...	...	variable	0,64	5,7	+ 0,6	105,8
12	735,85	+ 7,93	+ 0,73	+ 1,04	— 0,9	+ 2,1	4,38	+0,32	911	+ 48	820	1000	...	...	variable	0,94	5,8	+ 0,7	105,7
13	738,41	+10,49	+ 1,03	+ 1,33	+ 0,1	+ 2,7	4,19	+0,12	864	+ 1	770	950	...	...	SE. 1	1,00	5,8	+ 0,8	102,8
14	741,79	+13,88	— 0,47	— 0,18	— 1,2	+ 0,3	4,28	+0,21	956	+ 94	930	970	...	...	variable	1,00	5,7	+ 0,7	104,7
15	745,16	+17,26	— 0,92	— 0,65	— 1,8	— 0,2	4,12	+0,04	958	+ 96	940	1000	...	...	variable	1,00	...	.....	103,2
16	747,98	+20,09	— 1,09	— 0,84	— 2,0	— 0,1	3,97	—0,12	943	+ 82	900	960	...	...	SE. 1	1,00	5,6	+ 0,6	104,5
17	747,84	+19,96	— 1,54	— 1,31	— 2,3	— 0,6	3,79	—0,31	937	+ 76	890	960	...	...	ESE. 1	1,00	5,5	+ 0,6	101,0
18	746,41	+18,54	— 1,15	— 0,95	— 2,3	+ 0,6	3,83	—0,27	917	+ 57	830	950	...	...	ESE. 1	0,93	5,6	+ 0,7	100,5
19	745,28	+17,43	— 0,88	— 0,70	— 2,1	+ 0,1	4,01	—0,10	939	+ 80	890	980	...	...	E. 1	1,00	5,5	+ 0,6	99,7
20	742,76	+14,93	— 1,23	— 1,09	— 1,9	— 0,8	3,97	—0,15	958	+100	920	970	...	...	E. 1	1,00	5,5	+ 0,6	101,0
21	740,21	+12,40	— 1,55	— 1,44	— 2,2	— 0,9	3,93	—0,20	961	+103	930	1000	...	...	E. 1	1,00	5,4	+ 0,5	98,0
22	739,42	+11,63	— 1,33	— 1,26	— 2,0	— 1,0	3,97	—0,17	932	+ 75	890	980	...	...	NE. 1	1,00	...	.....	98,5
23	739,16	+11,39	— 1,91	— 1,88	— 3,2	— 1,0	3,89	—0,26	970	+114	940	1000	...	...	E. 1	1,00	5,1	+ 0,3	97,5
24	741,73	+13,99	— 2,25	— 2,26	— 3,1	— 1,4	3,85	—0,30	990	+135	960	1000	...	...	variable	1,00	5,1	+ 0,3	97,8
25	743,74	+16,03	— 1,87	— 1,93	— 3,2	— 0,9	3,86	—0,30	958	+104	910	1000	...	...	variable	1,00	5,2	+ 0,4	95,0
26	743,08	+15,40	— 2,32	— 2,42	— 3,0	— 1,3	3,77	—0,40	976	+123	940	1000	...	...	SE. 1	1,00	5,1	+ 0,3	97,3
27	741,41	+13,76	— 2,46	— 2,61	— 4,0	— 1,3	3,75	—0,43	976	+125	900	1000	...	...	variable	1,00	5,1	+ 0,3	94,8
28	740,47	+12,86	— 2,32	— 2,53	— 3,8	— 1,1	3,84	—0,35	987	+137	960	1000	...	...	SO. 1	1,00	4,9	+ 0,1	95,7
29	738,06	+10,49	— 2,92	— 3,18	— 3,6	— 1,5	3,66	—0,54	994	+145	970	1000	...	...	variable	1,00	...	.. ..	95,5
30	736,29	+ 8,76	— 2,08	— 2,40	— 4,4	+ 0,6	3,91	—0,30	976	+128	900	1000	...	...	SSO. 1	0,91	4,7	— 0,1	91,8
31	734,25	+ 6,76	+ 2,18	+ 1,80	— 1,0	+ 4,2	4,72	+0,50	883	+ 37	790	970	0,8	2	N. 2	0,99	5,2	+ 0,4	90,5

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1882.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,67	731,08	731,37	730,68	730,10	730,41	730,84	731,35	731,41
2e »	742,26	742,85	743,24	742,69	742,17	742,22	742,56	742,87	742,92
3e »	739,86	740,14	740,51	740,02	739,27	739,24	739,45	739,71	739,81
Mois	737,67	738,09	738,44	737,87	737,25	737,35	737,68	738,03	738,11

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 0,08	+ 0,02	+ 2,30	+ 5,05	+ 5,33	+ 5,04	+ 3,73	+ 2,74	+ 2,10
2e »	— 1,45	— 1,37	— 0,73	+ 0,13	+ 0,56	+ 0,39	+ 0,04	— 0,26	— 0,45
3e »	— 2,64	— 2,72	— 2,11	— 1,54	— 0,78	— 0,78	— 0,93	— 1,08	— 1,28
Mois	— 1,38	— 1,40	— 0,25	+ 1,13	+ 1,62	+ 1,47	+ 0,89	+ 0,42	+ 0,08

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,20	4,24	4,44	4,65	4,74	4,75	4,70	4,61	4,38
2e »	3,95	3,99	4,06	4,09	4,21	4,25	4,23	4,23	4,18
3e »	3,73	3,70	3,78	3,95	4,08	4,06	4,04	4,10	4,05
Mois	3,95	3,97	4,08	4,22	4,34	4,34	4,31	4,31	4,20

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade	899	910	820	724	718	734	792	831	828
2e »	960	960	934	883	878	898	915	937	941
3e »	988	989	965	963	941	931	941	965	968
Mois	950	954	908	860	849	857	885	912	914

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 1,48	+ 6,99	0,61	+ 5,90	10,7	108,33
2e »	— 1,75	+ 0,95	0,95	+ 5,63	—	102,89
3e »	— 3,05	— 0,51	0,99	+ 5,09	0,8	95,67
Mois	— 2,12	+ 2,38	0,85	+ 5,53	11,5	102,08

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 1,00.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,76 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est S. 62°,3 E. et son intensité est égale à 27,07 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1882.

Le 3, brouillard le soir, fort vent du SO.
4, neige et brouillard.
7, neige le soir, par une très forte bise, qui n'a permis de la recueillir qu'en partie.
8, forte bise tout le jour.
31, neige, fort vent du SO.

Du 11 au 30 de ce mois le ciel a été constamment clair, pendant qu'une couche épaisse de brouillard régnait à Genève. La température de ce mois a été exceptionnellement élevée, savoir : de — 3°,12, soit de près de 6° au-dessus de la valeur normale.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 2 h. après midi	563,29
Le 2 à 6 h. soir	565,77	4 à 6 h. matin	558,38
6 à 10 h. soir	567,44	7 à 6 h. soir	564,14
8 à 10 h. soir	570,02	12 à 6 h. matin	568,62
17 à 10 h. matin	579,62	23 à 2 h. après midi	571,74
25 à 10 h. soir	576,07	31 à midi	566,42

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1882.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim				
1	563,63	+ 2,27	563,29	564,03	— 6,96	+ 1,65	— 8,7	— 4,8	.....	.....	....	SO.	1	0,50
2	565,15	+ 3,82	564,34	565.77	— 6,62	+ 2,02	— 8,8	— 4,0	.....	.....	....	NE.	1	0,56
3	561,40	+ 0,09	559,94	563,36	— 6,04	+ 2,63	— 8,3	- 3,7	.....	.....	....	SO.	2	0,66
4	559,30	— 1,99	558,38	560,34	— 6,63	+ 2,07	— 7,2	— 5,4	260	24,8	....	SO.	1	0,92
5	563,07	+ 1,80	561,45	564,62	— 5,78	+ 2,95	— 8,0	— 3,1	.....	.....	....	SO.	1	0,01
6	566,99	+ 5,74	566,32	567,44	— 0,05	+ 8,72	— 1,3	+ 1,9	.....	.....	....	NE.	1	0,19
7	565,17	+ 3,94	564,14	566,70	— 3,09	+ 5,71	— 8,8	+ 1,7	100	7,8	....	NE.	1	0,76
8	568,85	+ 7,64	567,45	570,02	— 9,08	— 0,25	—12,9	- 5,4	.....	.....	....	NE.	1	0,02
9	569,28	+ 8,10	568,88	569,82	— 2,88	+ 5,97	— 7,0	— 0 2	.....	.....	.. .	NE.	2	0,33
10	570,37	+ 9,22	569,65	570,81	— 2,17	+ 6,70	— 4,7	— 0,1	.....	.....	....	NE.	1	0,04
11	569,04	+ 7,92	568,70	569,64	— 2,37	+ 6,52	— 3,8	+ 0,3	.....	.....	....	NE.	1	0,37
12	569,28	+ 8,18	568,62	570,03	— 2,06	+ 6.85	— 3,2	+ 0,8	.....	.....	....	NE.	1	0,00
13	571,82	+10,75	570,60	573,09	— 1,98	+ 6,95	— 3,8	+ 1,6	.....	.....	....	variable		0,10
14	574,07	+13,03	573,13	575,07	— 2,26	+ 6,69	— 3,3	+ 1,9	.....	.....	....	SO.	1	0,02
15	576,66	+15,65	575,67	577,75	— 4,09	+ 4,88	— 4.3	— 2,5	.....	.....	....	SO.	1	0,00
16	578,94	+17,96	578,29	579,39	— 2,23	+ 6,76	— 4,5	+ 0,9	.....	.....	....	SO.	1	0,00
17	578,83	+17,88	578,31	579,62	— 1,82	+ 7,19	— 2,8	+ 0,5	.....	.....	....	variable		0,00
18	578,27	+17,35	578,09	578,79	+ 0,60	+ 9,62	— 2,0	+ 3,0	.....	.....	....	SO.	1	0,00
19	577,55	+16,67	577,06	577,99	+ 0,21	+ 9,24	— 0,4	+ 1,3	.....	.....	....	NE.	1	0.00
20	575,58	+14,72	575,15	576,24	+ 0,60	+ 9,64	— 0,7	+ 4,0	.....	.....	....	NE.	1	0,22
21	573,43	+12,61	572,98	574,17	— 0,56	+ 8,49	— 2,0	+ 2,7	.....	.....	....	NE.	1	0,01
22	572,22	+11,43	572,10	572,60	— 1,29	+ 7,77	— 2,4	+ 0,6	.....	.....	....	SO.	1	0,17
23	571,89	+11,13	571,74	572,24	— 2,53	+ 6,54	— 4,0	+ 0,6	.....	.....	....	SO.	1	0,14
24	573,56	+12,83	572,67	574,38	— 0,56	+ 8,51	— 3,5	+ 2,4	.....	.....	....	SO.	1	0,00
25	575,60	+14,91	575,20	576,07	— 0,66	+ 8,42	— 2,0	+ 0,8	.....	.....	....	SO.	1	0,00
26	575,15	+14,50	574,67	575,84	- 1,33	+ 7,75	— 2,3	+ 0,6	.....	.....	....	SO.	1	0,00
27	572,99	+12,38	572,41	573,64	— 3,56	+ 5,52	— 4.0	— 1,2	.....	.....	....	SO.	1	0,01
28	571,59	+11,02	571,58	571,66	— 6,38	+ 2,70	— 7,6	— 3,8	.....	.....	....	variable		0,31
29	570,84	+10,30	570,44	571,38	- 3,63	+ 5,45	— 4,9	— 1,1	.....	.....	....	NE.	1	0,00
30	569,33	+ 8,82	568,82	569,90	— 4,77	+ 4,30	— 6,0	— 2,9	.....	.....	....	NE.	1	0,12
31	567,74	+ 7,26	566,42	570,33	— 6,82	+ 2,25	— 8,0	— 4,6	100	7,8	....	NE.	1	0,26
												SO.	2	0,82

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1882.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	565,05	565,47	565,69	565,41	565,16	565,13	565,23	565,47	565,64
2e »	574,66	574,96	575,28	575,08	574,89	574,92	575,00	575,32	575,31
3e »	572,27	572,34	572,45	572,20	572,04	572,10	572,15	572,34	572,39
Mois	570,71	570,97	571,18	570,94	570,74	570,76	570,84	571,08	571,16

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,58	— 5,12	— 4,65	— 3,32	— 3,25	— 4,58	— 4,99	— 5,18	— 5,36
2e »	— 2,39	— 2,43	— 1,74	+ 0,28	+ 0,91	— 0,85	— 1,52	— 1,83	— 1,96
3e »	— 3,77	— 3,34	— 2,64	— 1,14	— 0,76	— 2,09	— 3,23	— 3,35	— 3,59
Mois	— 3,91	— 3,62	— 3,00	— 1,39	— 1,03	— 2,49	— 3,25	— 3,45	— 3,64

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 7,57	— 2,31	0,40	32,6	360
2e »	— 2,88	+ 1,18	0,07	—	—
3e »	— 4,25	— 0,54	0,17	7,8	100
Mois	— 4,88	— 0,55	0,21	40,4	460

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,12 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 6,5 sur 100.

DE L'INFLUENCE DES MILIEUX PHYSICO-CHIMIQUES
SUR LES ÊTRES VIVANTS

INFLUENCE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'ALIMENTS SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA GRENOUILLE (RANA ESCULENTA)[1]

PAR

M. Émile YUNG, Dr sc.
Privat-Docent à l'Université de Genève.

Les phénomènes de la vie aussi bien que les phénomènes des corps bruts nous présentent une double condition d'existence. Nous avons d'une part l'organisme dans lequel s'accomplissent les phénomènes vitaux, et d'autre part le milieu cosmique dans lequel les corps vivants trouvent les conditions indispensables pour la manifestation de leurs phénomènes. Les conditions de la vie ne sont ni dans l'organisme, ni dans le milieu extérieur, mais dans les deux à la fois . . . .
. . . Le zoologiste ne connaîtra les animaux que lorsqu'il expliquera et réglera les phénomènes de la vie....

(CLAUDE BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale.*)

Les sciences biologiques tendent toujours plus à devenir des sciences expérimentales, c'est-à-dire qu'elles ne se contentent plus de l'observation pure et simple des phénomènes naturels, mais qu'elles cherchent à provoquer la production de ces phénomènes, de manière à en

[1] Ce mémoire a valu à son auteur le prix *Davy*, décerné par l'Université de Genève et fondé en 1829 par la veuve de l'illustre chimiste anglais, Humphry Davy.

bien établir les conditions d'existence et à en éclairer l'origine. S'il est vrai, comme le donnent à penser tous les résultats de la physiologie moderne, que la matière vivante ne diffère de la matière brute que par des placements moléculaires particuliers permettant la manifestation de cette forme spéciale de la force générale de la nature, la vie, nous ne pouvons avoir aucun doute sur l'importance de l'application des procédés de la physique et de la chimie à son étude.

La nécessité de l'application de la méthode expérimentale telle qu'elle a été définie en dernier lieu par Claude Bernard, dans son « *Introduction à l'Étude de la médecine expérimentale*, » s'impose aujourd'hui au biologiste aussi bien qu'au physicien et au chimiste.

Parmi les questions de premier ordre qui dominent pour ainsi dire toutes les idées que nous nous faisons sur la nature vivante, l'une des plus importantes est celle des relations qui existent entre les êtres vivants et le milieu physico-chimique dans lequel ils évoluent. Mesurer l'influence des différents éléments qui constituent ce milieu sur le développement normal ou anormal[1] des individus, apprécier jusqu'à quel degré ces derniers peuvent varier dans leurs formes, leurs couleurs, leurs relations, leurs fonctions, etc.; tel est un champ d'activité dans lequel on s'est trop borné jusqu'ici à des conjectures et dans lequel il est nécessaire d'instituer de nouvelles recherches méthodiques.

On a admis pendant longtemps comme un axiome en zoologie et en botanique la fixité et la permanence des formes spécifiques. Si l'on ne peut nier qu'en vertu des

[1] Je fais allusion ici aux importantes recherches de M. Dareste sur la production expérimentale des monstruosités.

lois de l'hérédité, ces formes ont une tendance à se fixer dans des circonstances extérieures identiques, il faut bien reconnaître d'autre part que le fameux axiome est contestable aussitôt que les circonstances se modifient. Une quantité imposante de faits de toutes sortes empruntés à la Paléontologie et à l'Embryogénie ne trouvent leur explication que dans l'aptitude de la matière vivante à une variabilité de formes très étendue. Mais les faits d'observation auxquels je fais allusion ici, sont surtout empruntés aux comparaisons morphologiques dans le développement individuel et le développement historique de certains types, plutôt qu'à la production expérimentale des variations. Quelques chercheurs stimulés par les grandes vues de M. Darwin et de son école ont fait ces dernières années quelques fructueuses tentatives dans cette dernière direction. Il s'agit de les multiplier et de les étendre.

Quoique le rénovateur de la doctrine transformiste n'accorde qu'une importance secondaire aux conditions climatériques, il est certain que ces dernières jouent un rôle dans la production des formes animales et végétales. Délimiter ce rôle est, en grande partie, affaire de la méthode expérimentale. Il faut instituer des expériences, non pas seulement pour connaître le degré d'élasticité des individus, mais celui de l'espèce à laquelle ils appartiennent. « Il me semble évident, dit M. Darwin, que les êtres organisés doivent être exposés pendant plusieurs générations à de nouvelles conditions de vie pour qu'il se manifeste chez eux une somme appréciable de variations, mais qu'aussitôt que l'organisation a une fois commencé à varier, elle reste généralement variable pendant de nombreuses générations[1]. »

[1] Darwin, Origine des espèces, trad. de Clémence Royer, p. 15.

Les difficultés naissent de cette considération, car elle a pour conséquence, de nécessiter la continuation des conditions expérimentales pendant un très grand nombre de générations et de les faire agir sur un grand nombre d'individus comparables, ce qui empêche de s'adresser aux êtres dont la fécondité est limitée et le mode de développement très lent.

D'autre part, le milieu physico-chimique est une chose très complexe qu'il est absolument nécessaire de décomposer dans ses éléments, température, lumière, pression, tension électrique, densité, alimentation, etc., afin de connaître la part de chacun de ces agents sur les conditions vitales des organismes.

Il s'agit donc dans les expériences que nous avons en vue de tenir compte de ces nécessités :

1° Décomposer le milieu physico-chimique dans ses éléments.

2° Faire agir ces éléments sur un certain nombre d'individus appartenant à des types différents et provenant d'une même parenté, afin qu'au début de l'expérience ils apportent une même somme d'influences héréditaires.

3° Continuer les conditions de l'expérience sur un certain nombre de générations, afin d'assurer la fixation des variations subies sous l'influence de ces conditions.

Choix des animaux. Il va sans dire que ce choix est appelé à varier selon les circonstances dans lesquelles se trouve l'expérimentateur. Tout animal est bon, pourvu qu'il se reproduise rapidement et abondamment et que les différences individuelles dans les caractères spécifiques ne soient pas normalement trop nombreuses, afin d'éviter les doutes dans l'appréciation des variations dues à la

cause expérimentale. Il faut agir sur des espèces ayant un genre de vie différent, des espèces aquatiques et des espèces aériennes.

Il serait désirable, par exemple, d'étudier les variations causées par une même influence sur un *cœlentéré*, un *mollusque*, un *ver*, un *arthropode*, un *vertébré*. S'adresser en premier lieu aux animaux inférieurs théoriquement plus aptes à la variation, la différenciation de leurs tissus et la division du travail physiologique n'étant pas encore établies, « car, dit Claude Bernard, chez tous les êtres vivants, le milieu intérieur qui est un produit de l'organisme conserve des rapports nécessaires d'échanges et d'équilibres avec le milieu cosmique extérieur, mais à mesure que l'organisme devient plus parfait, le milieu organique se spécifie et s'isole en quelque sorte de plus en plus du milieu ambiant [1]. »

Il me semble aussi qu'il est nécessaire d'étudier isolément chaque influence sur un même type, un infusoire, par exemple; puis de profiter de la connaissance ainsi acquise pour faire agir les mêmes influences concurremment les unes avec les autres de manière à atteindre à un maximum d'effet.

Enfin, une condition qui me paraît devoir être remplie est d'agir sur les animaux dès l'âge le plus tendre, à partir de l'œuf pour les ovipares, de la naissance pour les vivipares, car il est bien évident d'un côté que, pour atteindre à un résultat sensible, la cause efficiente doit agir le plus longtemps possible et ensuite que les jeunes animaux sont plus impressionnables que ceux qui, ayant été soumis pendant toute leur jeunesse au même milieu que

[1] Claude Bernard, loc. cit., p. 110.

leurs parents, laissent le jeu entièrement libre à la force héréditaire.

C'est en effet, pendant le développement, qu'ont lieu les différenciations cellulaires. « Le développement, dit Beaunis, n'est qu'un mode perfectionné de l'accroissement et de la multiplication cellulaires, une déviation de l'ordre naturel qui voudrait que les éléments nouvellement formés ressemblassent aux éléments qui leur ont donné naissance. Quelle est la cause de cette déviation ? On peut *supposer* que la plus grande part en revient à l'influence des milieux extérieurs et aux modifications que l'organisme subit pour s'adapter à ces influences. Ces influences se répétant incessamment sur des séries de générations successives ont amené peu à peu des modifications persistantes héréditaires telles que celles que nous observons actuellement et ces modifications une fois acquises, peuvent même avoir un remarquable caractère de fixité[1]. »

C'est cette supposition, ainsi donnée dans un ouvrage élémentaire, qu'il s'agit de transformer en certitude expérimentale.

J'ajouterai même qu'on pourra, plus tard, comme termes de comparaison et afin d'accentuer les données acquises sur les jeunes, établir une série d'expériences dans lesquelles on placerait déjà les parents à l'époque de la maturation de leurs organes génitaux sous l'influence des agents modificateurs. On confirmerait ou l'on infirmerait de cette manière une vue de M. Darwin qui, s'appuyant sur l'effet remarquable de la réclusion et de la culture sur les fonctions du système reproducteur, se déclare

[1] Beaunis, Éléments de physiologie, p. 587.

« très disposé à admettre que les causes de variabilité les plus fréquentes doivent être attribuées à ce que les organes reproducteurs du mâle et de la femelle ont été plus ou moins affectés avant l'acte de la conception[1]. »

Du reste, en dehors de ce point de vue principal qui me paraît devoir dominer nos tentatives dans l'étude de l'influence des milieux, il y a un grand intérêt au point de vue purement physiologique à connaître le rôle de ces agents physiques sur la durée du développement et les conséquences pratiques que cette connaissance pourra entraîner.

C'est pourquoi, en attendant de pouvoir étendre ces recherches sur une plus grande échelle, j'ai commencé dans un travail antérieur par étudier l'influence des lumières colorées sur le développement de quelques types d'animaux aquatiques[2], et qu'aujourd'hui je rends compte de l'influence de l'alimentation sur de jeunes animaux de même nature.

S'il est vrai que le milieu intérieur dans lequel évoluent les éléments histologiques, c'est-à-dire d'une manière générale, le sang, est le résultat suprême de la préparation des aliments, il s'en suit naturellement que la variation de ces derniers entraînera des modifications dans sa composition qui pourront avoir une grande importance sur l'organisme tout entier.

On a déjà souvent et depuis longtemps constaté l'influence considérable exercée par le mode d'alimentation sur diverses fonctions (respiration, reproduction, etc.) chez les animaux. Toutefois, si cette influence a été nettement

[1] Darwin, Origine des espèces, p. 16.

[2] E. Yung, Influence des lumières colorées sur le développement des animaux. *Archives des sc. phys. et nat.*, 1879, t. I, p. 209.

reconnue, on ne l'a pas mesurée dans ses éléments, et il manque à la science des résultats précis, obtenus dans des expériences comparatives poursuivies avec toute la rigueur de la méthode scientifique.

Le mémoire actuel est le commencement d'une série de recherches sur ce sujet, que j'ai l'intention de poursuivre sur des animaux invertébrés et des mammifères.

Une difficulté qui se présente au début de ces expériences est d'opérer sur un matériel propice dont les éléments soient absolument comparables. Il est avantageux, comme nous l'avons dit, de s'adresser à des êtres dès l'âge le plus tendre, et à ce dernier point de vue, le mieux est d'opérer sur des œufs fraîchement fécondés. Ces considérations m'ont conduit à choisir comme base les œufs de la grenouille (*Rana esculenta*) qui, pondus en grande quantité, permettent d'opérer sur un nombre assez grand pour établir des moyennes indispensables, et qui, pondus par une même mère et fécondés par un même père, sont égaux au point de vue de l'hérédité. Ces œufs placés dès le premier jour dans les conditions expérimentales voulues, permettent la constatation de résultats comparables. On comprendra comment la base étant une fois établie, on pourra appliquer les mêmes procédés à d'autres animaux.

Avant d'entrer dans l'exposé de mes propres recherches, je grouperai ici brièvement les données que possède actuellement la science sur l'alimentation.

F.-W. Edwards qui, le premier, a étudié expérimentalement l'influence des agents physiques sur les animaux [1],

[1] F.-W. Edwards, De l'influence des agents physiques sur la vie. Paris, 1824, p. 107.

mentionne de la manière suivante, sans fournir de données expérimentales, le rôle de l'alimentation sur les têtards de grenouille. « Le point qu'il importe le plus d'éclaircir est l'influence des agents physiques sur leur métamorphose. L'action de ces agents sur la forme des animaux est l'une des questions les plus curieuses de la physiologie. Une des conditions que l'on connaît le mieux (?) est la nécessité de l'alimentation pour le développement des formes. C'est pourquoi, lorsqu'on veut hâter la métamorphose des têtards, on a soin de mêler à l'eau dans laquelle on les garde de petites quantités de substances nutritives, et de renouveler ce liquide pour que la décomposition de ces matières ne leur devienne pas funeste. — On peut de même retarder leur développement en les gardant dans de l'eau qui ne contient pas une nourriture suffisante. » — Il est regrettable qu'un aussi bon observateur n'ait pas institué des expériences dans le but de mesurer cette influence de la nourriture sur le développement. Il ne donne aucun chiffre à cet égard.

Je passerai sous silence les indications souvent fantaisistes et contradictoires auxquelles ont donné lieu les discussions entre végétariens et partisans du régime animal. Il est généralement admis à l'heure qu'il est que pour l'homme et quelques animaux supérieurs une alimentation mêlée, c'est-à-dire renfermant une égale proportion de substances *hydro-carbonées* ou *respiratoires*, et de *substances azotées* ou *plastiques*, est la plus rationnelle. On sait que Magendie a, à différentes reprises, entrepris des expériences propres à déterminer les propriétés nutritives de certains aliments simples et, quoiqu'il ait opéré sur des animaux adultes, et sans porter son attention sur la rapidité du déve-

loppement, je rappellerai qu'il a montré la nécessité de la présence de substances azotées pour l'entretien de la vie chez les chiens. Il soumit plusieurs de ces animaux à l'usage exclusif de sucre et d'eau distillée, de gomme, de beurre, d'huile, etc., et constata toujours l'apparition de troubles très graves amenant inévitablement la mort au bout de quelques semaines [1]. — Il en fut à peu près de même pour un chien nourri au contraire exclusivement de fibrine, et qui succomba d'inanition au bout de deux mois [2]. Cependant ce dernier point semble sujet à caution, il est en contradiction avec une expérience de Bischoff qui prétend avoir conservé en vie un chien, en ne lui donnant à manger que de la viande dépouillée de graisse [3]. Nous verrons bientôt que dans nos recherches nous avons réussi à faire développer des têtards jusqu'à l'état de jeune grenouille, en ne leur accordant que de l'albumine d'œuf de poule coagulée, substance qui, à elle seule, est insuffisante, selon M. Boussingault, pour entretenir la vie d'animaux supérieurs tels que les canards [4]. — Milne Edwards, résumant cette question dans ses *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparées*, dit « que pour l'alimentation normale des animaux il faut la réunion de trois sortes de substances : des matières organiques plastiques, des matières organiques essentiellement combustibles et

[1] Magendie, Mémoire sur les propriétés nutritives des substances qui ne contiennent pas d'azote. *Journal de médecine de Leroux*, 1817, t. XXXVIII.

[2] Magendie, Rapport sur la gélatine. *C. R. de l'Académie des Sciences*, 1841, t. XIII, p. 272.

[3] Bischoff et C. Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860.

[4] Boussingault, Expériences statiques sur la digestion. *Annales de Chimie et de Physique,* 3me série, t. XVIII. 1846.

des matières minérales, lesquelles se trouvent effectivement associées dans presque toutes les substances alimentaires telles que la nature nous les fournit [1]. »

Spallanzani, Lavoisier et Seguin, Boussingault, Bidder et Schmidt, etc., ont étudié l'influence de l'alimentation sur la fonction respiratoire et ils sont arrivés à cette conclusion générale que la respiration s'accélère chez les animaux bien nourris et se ralentit au contraire chez ceux qui sont soumis à l'abstinence.

Voici, par exemple, pour fixer les idées, les chiffres trouvés par les derniers de ces auteurs (Bidder et Schmidt) en opérant sur un chat qui, soumis à l'inanition, a vécu pendant dix-huit jours en diminuant constamment la quantité d'acide carbonique exhalée.

Pendant les cinq premiers jours de l'état d'abstinence, la quantité produite en 24 heures était terme moyen de .... 45.07 Gr.
Pendant les cinq jours suivants......... 37.76
» la troisième période de cinq jours. 34.93
Le seizième jour....................... 30.75
Le dix-septième jour.................. 27.97
Le dix-huitième jour.................. 22.12

M. Marchand a fait sur la grenouille — animal qui nous intéresse plus particulièrement — des expériences analogues qui l'ont conduit aux mêmes résultats.

Je rappelle ces faits, parce qu'ils permettent d'entrevoir la voie dans laquelle devront s'engager les physiologistes qui voudront analyser d'une manière plus intime les résultats auxquels je suis parvenu. Les phénomènes de

[1] Milne Edwards, Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparées, t. VIII, p. 151.

la nutrition sont extrêmement complexes et les produits de la respiration sont des indices utiles à consulter pour leur interprétation. Il pourra devenir important, en suivant la marche des auteurs que je viens de citer, de se rendre compte de l'influence des divers aliments sur la fonction respiratoire.

Quant à la valeur nutritive relative des divers aliments, elle a été étudiée avec des aliments complexes au point de vue surtout de l'homme et des animaux domestiques. C'est M. Boussingault surtout qui a institué de vastes expériences sur ce sujet. Il a agi en particulier sur les animaux de ferme, le cheval et la vache par exemple, et ses recherches l'avaient conduit à poser en principe que la puissance nutritive des végétaux dont se nourrissent les animaux est proportionnelle à la quantité d'azote qui entre dans leur composition. Mais jusqu'ici les recherches ultérieures de ce savant éminent et celles d'autres auteurs plus récents ne sont pas venues confirmer cette donnée principale. Ceci tient, comme je le disais tout à l'heure, à ce que la nutrition est un phénomène très compliqué pour l'explication duquel il est nécessaire de s'adresser aux substances élémentaires. Carl Semper[1] a touché à la question qui nous occupe en étudiant les conditions d'existence des *Lymneus stagnalis*.

Selon l'éminent professeur de Würzbourg, deux catégories de causes peuvent agir sur la croissance :

1° « Celles qui sont directement utiles par leur présence et nuisibles par leur absence.

2° « Celles qui sont ordinairement nuisibles par leur

[1] Voy. C. Semper, Ueber die Wachsthums-Bedingungen des Lymneus stagnalis in *Arbeiten aus dem Zoologisch-Zootomischen Institut in Würzburg*. Band I, 1874, p. 137.

présence mais qui, dans certains cas, peuvent devenir indirectement utiles. »

Aux premières, il rattache la nourriture, l'air atmosphérique, la chaleur, la lumière, le mouvement.

Aux secondes, les gaz nuisibles, tels que l'acide carbonique, etc.; les produits de sécrétion des animaux, les courants d'eau, l'influence des autres animaux, etc.

On voit que la nourriture est citée au premier rang des substances actives, mais le mémoire de M. Semper ne renferme pas de données numériques sur ce point. « Dans mes expériences, dit-il, l'influence de la nourriture était évitée par le fait que celle-ci était partout la même, et partout en quantité surabondante pour le nombre des animaux auxquels elle s'adressait. »

Mais le point important mis en évidence par les recherches de M. Semper et duquel nous avons dû tenir compte dans notre travail est l'influence très grande que joue la quantité d'eau attribuée à chaque individu Lymnée. Cette influence est tellement considérable, qu'elle fait penser à l'existence dans l'eau d'une substance active hypothétique qui favoriserait le développement de ces animaux.

Nous rapporterons tout à l'heure une expérience qui tend à montrer que chez les têtards cette influence de la quantité proportionnelle d'eau accordée par individu est peu appréciable. Cependant nous avons tenu compte dans la mesure du possible des données de M. Semper et nous avons fait en sorte que nos bocaux soient comparables entre eux.

M. Semper a trouvé que plus le nombre des individus Lymnées se partageant une même quantité d'eau était petit, plus ces individus devenaient gros dans un même temps. Voici, comme exemple, une de ses expériences typiques.

Le 9 août 1871, il plaça dans cinq vases, renfermant chacun 2000 centimètres cubes d'eau et comme nourriture des *Elodea canadensis,* des quantités différentes de jeunes individus de *Lymneus stagnalis* provenant tous d'une même mère et il les laissa respectivement 71 jours (jusqu'au 18 octobre). Pendant ce temps ils se développèrent très inégalement, comme le montre le tableau suivant :

Dans le vase portant le n° 5 et renfermant 2 individus, ceux-ci mesuraient en moyenne 15 millim. de longueur.

Dans le vase portant le n° 1 et renfermant 5 individus, ceux-ci mesuraient en moyenne 11,4 millim. de longueur.

Dans le vase portant le n° 2 et renfermant 12 individus, ceux-ci mesuraient en moyenne 7,7 millim. de longueur.

Dans le vase portant le n° 3 et renfermant 30 individus, ceux-ci mesuraient en moyenne 5,0 millim. de longueur.

Dans le vase portant le n° 4 et renfermant 105 individus, ceux-ci mesuraient en moyenne 2,7 millim. de longueur.

Les différences sont, on le voit, très considérables et se répètent dans toutes les autres expériences que M. Semper a beaucoup variées. Elles ont conduit leur auteur aux conclusions suivantes :

1° La croissance, c'est-à-dire l'assimilation des substances nutritives ne dépend pas seulement de la quantité et de la qualité de la nourriture, de la température, de l'oxygène de l'eau et de l'air, mais encore d'une matière contenue dans l'eau et jusqu'ici inconnue sans la présence de laquelle les autres conditions de croissance favorables ne peuvent pas exercer leur influence.

2° Que le maximum de l'influence du volume de l'eau provenant de cette cause inconnue se manifeste lorsque la quantité d'eau est de 2 à 4000 centimètres cubes par individu à la température moyenne de l'été.

Dans un travail récent dont je dois la communication à l'obligeance de M. le professeur H. Fol, le Dr G. Born, de Breslau, a fait une série d'expériences en vue de connaître l'influence de la qualité de la nourriture sur la production des sexes[1]. Nous emprunterons à ce mémoire quelques données relatives au développement.

M. Born a opéré sur des œufs de *Rana fusca* fécondés artificiellement, dont il plaça de 3 à 500 exemplaires dans une série de 21 aquariums dont les quatre premiers ne recevaient en fait de nourriture que des substances végétales, notamment des lentilles d'eau. Dans tous les autres, les têtards recevaient outre la substance végétale, de la viande consistant en larves de grenouille et de Pelobates hâchées, et le plus souvent en fragments de grenouille adulte déjà un peu en décomposition. Ni l'un, ni l'autre de ces régimes n'était naturel, car selon M. Born la nourriture première des jeunes batraciens serait de la fange, c'est-à-dire une accumulation d'infusoires, de rotifères, de diatomées, d'algues de toute espèce qui se retrouvent dans l'estomac des têtards. L'auteur rappelle à ce propos que Leydig a trouvé des Pelobates bien développés dans un milieu où ils n'avaient pas d'autre nourriture qu'un limon ne contenant aucune plante visible à l'œil nu.

Cette sorte de nourriture mêlée manquait absolument (sauf un cas) dans les expériences de M. Born comme

[1] G. Born, Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung der Geschlechtsunterschiede. *Breslauer ärztliche Zeitschrift*, 1881.

dans les miennes, et il a constaté que son absence retardait le développement de ses larves. C'est ainsi que pendant que les têtards se développant en liberté mesuraient en moyenne 18 millimètres, les siens n'en avaient que 12 à 15. L'excellence de ces détritus organiques mêlés à la vase des marais comme nourriture est confirmée encore par le fait que l'un des aquariums de M. Born ayant reçu accidentellement du limon, les têtards qu'il renfermait étaient plus grands de 2 à 3 millimètres que ceux des autres aquariums et se rapprochaient par conséquent des têtards se développant en liberté.

Les têtards soumis au régime végétal *restèrent plus petits* que ceux nourris avec la viande (10-11 millimètres), ce qui s'accorde avec mes résultats; mais en outre, M. Born a obtenu, dit-il, quelques grenouilles adultes dans les aquariums avec plantes, quoique en plus petit nombre que dans les autres. Ce dernier fait serait en complète contradiction avec l'une des conclusions auxquelles j'ai été conduit, si l'expérience de M. Born était comparable avec les miennes. Il n'en est pas ainsi, car l'auteur du mémoire a soin de faire observer que ses larves végétariennes avaient la liberté de manger les cadavres de leurs frères morts dans le même vase, et comme la mortalité était assez grande, il en résulte que leur alimentation s'est trouvée par ce fait fortement mélangée. Il est certain que les têtards ont des tendances carnivores et c'est une circonstance à laquelle j'ai donné beaucoup de soins que de veiller à enlever de mes bocaux, les têtards morts qui, sans cela, auraient troublé mes résultats.

Tels sont à ma connaissance, les travaux ayant quelque analogie avec celui dont je donne ici la première partie et qui a en vue surtout l'influence sur la rapidité du développement individuel.

Le 24 mars 1881, j'obtiens dans le laboratoire une ponte de grenouille fécondée dans une grande caisse de zinc où l'on tient les grenouilles destinées aux expériences physiologiques.

Les premières phases du développement se passent régulièrement. Le 27 ont lieu les premières éclosions, et le 1er avril commencent les expériences.

Les jeunes têtards frères, sortis de l'œuf, sont complètement isolés de la matière albuminoïde qui entoure leur œuf et dont ils se nourrissent pendant les premiers jours de leur vie, puis ils sont distribués en nombre égal dans une série de vases de même forme et renfermant le même volume d'eau. Ces vases sont exposés aux mêmes conditions physico-chimiques, la même intensité lumineuse, le même degré de température, etc. — L'eau y est changée régulièrement en même temps. — Une seule condition varie, la nourriture.

Le vase A renferme seulement des plantes aquatiques (*Anacharis canadensis* et *Spirogyras*), soigneusement lavées auparavant, de manière à en éloigner les débris organiques qui y adhèrent dans les marais.

Le vase B n'offre comme nourriture que de la viande de poisson, ce sont de jeunes Vérons (*Phoxinus*) coupés en morceaux et fréquemment renouvelés.

Le vase C contient de la viande de bœuf également taillée en fragments de même grosseur que ceux de poisson du vase B.

Le vase D offre à ses hôtes dans la première partie de l'expérience l'albumine enveloppant l'œuf de grenouille; cette substance que l'on peut appeler le *lait* des têtards a été continuée pendant un mois, jusqu'à ce qu'étant épuisée et ne pouvant plus s'en procurer dans les marais des

environs, on dut la remplacer par de l'albumine d'œuf de poule liquide. Ce n'est donc que pendant les quatre premières semaines que la comparaison de sa valeur nutritive avec les autres substances peut être établie.

Le vase E ne contient que de l'albumine de l'œuf de poule coagulée et coupée en fragments nombreux souvent renouvelés.

Le vase F enfin renfermait du jaune d'œuf de poule également fragmenté.

Je ne puis pour le moment donner les résultats obtenus avec d'autres aliments, tels que la gomme, le sucre, la graisse, etc. — Des accidents d'expérimentation ont laissé trop d'incertitude aux données de cette première série pour que je les publie avant confirmation.

Le nombre des têtards primitivement placés dans chaque vase était de cinquante, mais la mortalité ayant frappé différemment, l'inégalité du nombre survint dès les premiers jours, et on pouvait prévoir des différences dues à cette cause, en se basant sur les expériences de M. Semper. Il est certain à priori que dans un espace restreint et en face d'une faible quantité de nourriture, un petit nombre d'individus vivront mieux qu'un grand nombre, et que pour eux la lutte pour l'existence sera facilitée, mais ces conditions de faible quantité de nourriture et des autres nécessités physiologiques n'existaient pas. Les têtards avaient une surabondance de nourriture à leur portée, la table était servie pour un beaucoup plus grand nombre. Quant à la substance hypothétique admise dans l'eau par M. Semper, comme favorisant le développement des Lymnées, elle ne paraît pas, si elle existe, avoir grande influence sur les têtards. Je me suis assuré de cela dans l'expérience suivante :

Deux vases G et H absolument comparables sous tous les rapports aux vases mentionnés plus haut, reçurent pendant tout le temps nécessaire au développement du têtard jusqu'à sa transformation en grenouille, exactement la même nourriture en égale quantité et également renouvelée. Seulement, le vase G ne reçut que 25 têtards, tandis que le vase H en reçut 100. — La quantité de matière vivante était donc dans les deux vases dans le rapport de 1 : 4 et ce rapport a été maintenu pendant toute la durée de l'expérience, en retirant un vivant dans un vase chaque fois qu'il mourait un individu dans l'autre. — Eh bien, dans ces conditions bien comparables, le développement des jeunes animaux s'opéra de la même manière dans les deux vases, et j'obtins leur transformation à peu près à la même époque, quoique le vase G ait montré sous ce rapport un petit avantage.

Cette expérience nous montre que dans les mêmes conditions de milieu, là où la nourriture est abondante, le développement s'effectue de la même manière.

Je n'ai donc pas tenu compte de la mortalité dans les vases et n'ai pas cru nécessaire de maintenir l'égalité du nombre des individus, ce qui, dans le cas de la mort de tous les têtards dans un vase, eût entraîné le vide dans tous les autres.

Nous avons donc six vases renfermant des têtards soumis aux mêmes circonstances, mais dont l'alimentation diffère; cette seule condition suffit pour provoquer de grandes différences dans le développement.

Ces différences se manifestèrent dès les premiers jours dans tous les bocaux. Elles ne devinrent très sensibles cependant que vers le quinzième jour.

Le degré relatif du développement a été mesuré au

compas par les dimensions en longueur (de l'extrémité du museau à celle de la queue), et en largeur (à la hauteur des branchies), d'un certain nombre de têtards dans chaque vase. J'ai eu soin de choisir pour établir les moyennes, les individus les plus différents, afin de faire plus large la part des différences individuelles.

Voici les résultats obtenus :

Vase A. Pendant les premiers jours, les jeunes têtards se jetèrent avec avidité sur les plantes qui leur étaient offertes. Ils sont vifs, alertes et consomment beaucoup de nourriture. La santé est générale jusqu'au 20 avril, jour auquel il n'y a encore aucun mort. L'eau est renouvelée tous les jours afin d'atténuer le développement des infusoires qui peuvent dans une certaine mesure influer sur les conditions de l'expérience.

Le 20 avril, les dimensions mesurées en millimètres étaient les suivantes :

Vase A (20 avril).

	Longueur.	Largeur.
	21^{mm}	5^{mm}
	14	3
	16	3,5
Total	51	11,5
Moyenne	17	3,8

A partir de ce jour, l'appétit semble diminuer, les têtards s'éloignent des plantes et montent à la surface. Le développement se ralentit. Les têtards sont toujours très vifs, un choc sur la table les met tous en mouvement. Il n'y a pas de morts jusqu'au 12 mai, époque à laquelle les dimensions sont :

Vase A (12 mai).

	Longueur.	Largeur.
	23.15	6
	15	3
	16.5	3.5
Total	55 —	12.5
Moyenne	18.33	4.16

La majorité est restée de petite taille et a fait peu de progrès depuis le 20 avril. Deux ou trois individus seulement atteignent au-dessus de 20 millimètres et le premier mesuré est le plus gros du vase, tandis que le second est apparemment le plus petit. Il n'y a donc en somme que très peu d'accroissement. Les têtards s'entretiennent, mais le régime végétal est insuffisant pour les faire grandir.

Le 13 mai, il y a deux morts. L'accroissement cesse tout à fait et la mortalité augmente de jour en jour.

Le 8 juin, il ne reste plus dans le vase que quatre têtards de même taille qu'au 12 mai, ils ont de la peine à se mouvoir. Aucun d'eux n'a pris les pattes postérieures. Ils ne mangent plus et ils se comportent à la manière de têtards livrés à l'inanition. Le dernier meurt le 4 juillet sans qu'aucune métamorphose se soit accomplie. Il mesurait 17 millimètres.

Ces résultats négatifs ont été confirmés par une autre expérience faite sur 25 individus seulement, dont aucun n'est arrivé à la première métamorphose. Et ce qui prouve bien que cet arrêt de développement est dû au régime, c'est que si on accorde un peu de viande aux

végétariens, alors qu'ils ont cessé de grandir avec les algues, ils reprennent aussitôt leur accroissement.

Vase B. Les têtards y sont placés le 1er avril, avec une abondance de nourriture pour laquelle ils se montrent très voraces. La viande de poisson leur est très avantageuse, elle est renouvelée tous les trois jours, non qu'elle soit gâtée au bout de ce temps, mais parce qu'il se développe à la surface des champignons qui troubleraient à la longue les résultats.

Le 20 avril ils sont déjà gros, forts et robustes. Trois individus sont morts par accident au moment où l'on changeait l'eau. Les 47 restants mangent toujours avec avidité.

Voici leurs dimensions à ce jour :

Vase B (20 avril).

	Longueur.	Largeur.
	30mm	7
	26	6
	31	6.75
Total	87	19.75
Moyenne	29	6.58

On voit par ces chiffres, que la différence de taille est considérable avec leurs frères nourris au régime végétal.

Le 12 mai, tous les têtards sont en bonne santé, ils grandissent beaucoup. Aucun d'eux ne possède les pattes postérieures, mais elles sont indiquées par une saillie chez plusieurs. Ils sont en général plus tachetés que les plus petits des autres vases.

Vase B (12 mai).

	Longueur.	Largeur.
	41mm	9.50
	35	8
	38	8.75
Total	114	26.25
Moyenne	38	8.78

Le 20 mai, un têtard montre les pattes postérieures. Cinq autres en font de même dans les quatre jours suivants. Sept individus sont morts.

Le 3 juin, un têtard prend les pattes, alors que trois individus du même vase n'en ont encore aucune. Ce fait donne une idée des différences individuelles. Huit têtards sont morts étant sur le point de subir cette métamorphose.

Les transformations en jeunes grenouilles s'effectuent durant le mois de juin. On a disposé dans le vase un bloc de tuf qui leur permet de venir respirer l'air en nature, mais à partir de la métamorphose complète les animaux cessent de prendre la nourriture et meurent au bout de quelques jours. Ils sont conservés dans l'alcool. Le 1er juillet, la dernière petite grenouille meurt.

Sur les 50 têtards nourris à la viande de poisson, 24 ont subi leurs métamorphoses complètes, à peu près la proportion 1 : 2. Cette alimentation est donc favorable. Je dois dire qu'on admet que dans la nature la mortalité est beaucoup plus grande et quoiqu'il ne soit pas possible de recueillir sur ce fait des données statistiques, il est très probablement exact, car dans nos vases les jeunes animaux sont très soignés, à l'abri des dangers mécaniques et sans

autres ennemis que les champignons qui, se développant sur leurs branchies sont toujours cause de la mort de quelques-uns. D'autre part, je dois noter que les premières grenouilles apparaissent dans les marais des environs seulement vers le milieu du mois de juin.

Vase C. Les cinquante têtards placés dans ce vase ne reçoivent que de la viande de bœuf (maigre) en quantité approximativement égale à celle de la viande de poisson dans le vase B et toujours surabondante pour le nombre des convives.

Le 20 avril tous les têtards sont en vie et montrent toujours un grand appétit. Deux d'entre eux sont bossus, la queue forme un angle avec la longitudinale du dos, ils ne peuvent pas se mouvoir aussi facilement que les autres. Leur difformité les empêche de décrire une ligne droite et leur rend difficile la recherche de la nourriture. Ils sont restés très petits.

Voici du reste les dimensions à ce jour :

Vase C (20 avril).

	Longueur.	Largeur.
	34	7.25
le plus petit	25	5.50
	29	6
Total	88	18.75
Moyenne	29.33	6.25

Les deux bossus.

Longueur.	Largeur.
14	3
11	2.5

Les têtards de ce vase, beaucoup plus gros et mieux nourris, ont montré une résistance considérable à l'inanition qu'il est intéressant de rapporter en comparaison avec celle offerte dans les mêmes circonstances par les végétariens.

Le 20 avril, trois têtards moyens furent pris dans les vases A et C et soumis à l'inanition dans une même quantité d'eau également renouvelée et aérée. Les trois têtards du vase A, nourris jusque-là avec des plantes, périrent les dixième, onzième et treizième jours qui suivirent leur privation de nourriture, tandis que ceux nourris à la viande de bœuf supportèrent l'inanition 47, 55 et 68 jours, montrant ainsi combien ils avaient accumulé davantage de réserve nutritive que les premiers.

Je rappellerai à ce propos que MM. Chossat, Boussingault, Letellier d'un côté, en opérant sur des tourterelles, et MM. Bidder et Schmidt, d'autre part, en opérant sur un chat, ont montré que pendant l'inanition ces animaux ne cessent pas de respirer et de consommer de leurs tissus, mais que les substances usées de cette manière et qui se retrouvent dans les différentes excrétions ne sont pas seulement fournies par la graisse accumulée dans l'organisme et par le sang, c'est-à-dire, par les matières constituant ce que Milne Edwards a appelé la *réserve nutritive*, mais aussi par les muscles et par toutes les autres parties vivantes de l'organisme [1]. Et de fait les têtards dont ils vient d'être question avaient beaucoup maigri et rapetissé.

Du 20 avril au 12 mai j'enlève six morts.

Le 12 mai les 41 survivants sont en bonne santé, ils

[1] V. Milne Edwards. Leçons.... etc. ; t. VIII, p. 132 et suiv.

sont devenus en somme plus gros que ceux nourris à la viande de poisson, mais la différence n'est pas grande. Les deux bossus n'ont augmenté que de 1 ou 2 millimètres, ils gisent au fond du vase et ne se meuvent que lorsqu'on les touche. Lorsqu'on en approche un morceau de viande ils en mangent, mais ne savent pas y aller eux-mêmes.

Vase C (12 mai).

	Longueur.	Largeur.
	47mm	9mm
	41.5	9.50
	42	9
Total	130	27.50
Moyenne	43.50	9.16

Le 18 mai, le premier têtard montre les pattes postérieures, les 20 et 21 le même phénomène se passe chez deux autres individus et les jours suivants sur un grand nombre.

Le 20 mai, mort d'un des bossus.

Le 27 mai, les trois quarts de la population de ce bocal possèdent les pattes de derrière. Il y a eu 5 morts.

Le 1er juin, deux têtards ont pris dans la nuit les pattes antérieures.

Un seul sur la masse (outre le bossu survivant qui continue à donner de temps en temps quelques coups de queue, mais qui ne grossit pas) n'a pas encore les membres postérieurs.

Le 8 juin, un quart des têtards se sont transformés en grenouille, la queue se résorbe rapidement, mais plu-

sieurs meurent avant de l'avoir perdue complètement. Les métamorphoses se continuent jusqu'au 24 juin. Le 28, tous les individus transformés sont morts. Un seul survit à ses frères, c'est le petit têtard tortueux qu'il n'est pas possible de mesurer, en ligne droite, il aurait à peu près 20 millimètres; on voit que son infirmité l'empêche de grandir, il n'a aucun membre.

Ce vase m'a donné 33 petites grenouilles en comptant, comme ayant dû se transformer les trois individus prélevés pour l'expérience comparative citée plus haut. C'est de tous les vases, celui dans lequel, grâce évidemment à la nourriture, les têtards se sont le plus rapidement développés.

Vase D. Nous avons dit que ce vase a reçu des têtards qu'on a essayé de nourrir avec la substance albuminoïde qui enveloppe l'œuf de la grenouille, et qui, normalement, sert de nourriture première aux jeunes. Cette tentative n'a pas réussi, parce qu'après un mois il nous fut impossible de nous procurer cette matière. A partir du 1er mai, on fut donc obligé de varier les conditions de l'expérience et afin de continuer une alimentation de même ordre, on donna aux têtards de l'albumine d'œuf de poule liquide que l'on renouvelait souvent.

Pendant les premiers jours les têtards consomment beaucoup de l'albumine de grenouille, mais peu à peu ils restent en arrière sur leurs frères nourris à la viande ou à l'albumine coagulée.

Le *20 avril,* les têtards ne montrent pas beaucoup d'agilité, ils sont très lents dans leurs mouvements. Ils se rapprochent beaucoup de leurs frères végétariens. Voici leurs dimensions:

Vase D (20 avril).

	Longueur.	Largeur.
	19mm	4.25mm
	15.5	3.50
	18.5	4.50
Total	53	12.25
Moyenne	66.17	4.08

Le 1er mai on leur verse de l'albumine de poule, liquide, à laquelle ils viennent prendre de copieux repas. Malheureusement quelques-uns pénètrent dans la masse albumineuse, s'y enchevêtrent et y meurent asphyxiés. J'en perds une dizaine de cette manière. Il est vrai qu'au contact de l'eau, l'albumine subit une demi-coagulation qui protège le plus grand nombre contre un pareil accident. La faim des premiers jours ne dure pas, les têtards ne mangent plus que rarement et l'on ne tarde pas à se convaincre que sous cette forme l'albumine n'est pas un aliment favorable...

Le 12 mai, les dimensions sont les suivantes :

Vase D (12 mai).

	Longueur.	Largeur.
	26mm	6mm
	19.5	4.5
	24	5.5
Total	69.5	16.0
Moyenne	23.16	5.33

Il existe d'assez grandes différences individuelles, la

majorité des têtards survivants (ils sont au nombre de 28) oscillent entre 22 et 26 millimètres. Trois ou quatre se rapprochent de 19.5^{mm}, longueur du plus petit du vase. Je laisse de côté cinq bossus qui le sont devenus depuis le changement de nourriture et qui ne grandissent que très peu.

A partir du 12 mai jusqu'au 29 du même mois la mortalité s'est montrée très grande dans le vase. L'albumine liquide ne suffit plus pour entretenir la nutrition. Le dernier têtard succombe le 29 mai, il mesure 28 millimètres de long et met fin de cette manière à l'expérience.

Vase E. Les têtards reçoivent de l'albumine d'œuf de poule coagulée par la chaleur. Elle leur est donnée sous forme de lamelles dont ils mordent irrégulièrement la tranche avec leur lèvres. Cet aliment leur est agréable, la plupart se développent au delà des premières métamorphoses.

Les morceaux d'albumine sont souvent renouvelés afin d'éviter le développement de champignons à leur surface.

Le 20 avril, je n'ai eu que 4 morts, les autres paraissent très alertes. Leur taille tient le milieu entre les végétariens et ceux nourris de viande, mais se rapprochent davantage de ces derniers.

Vase E (20 avril).

	Longueur.	Largeur.
	27.5^{mm}	6.^{mm}
	22	4
	28	5.75
Total	77.50	15.75
Moyenne	25.83	5.25

A partir de ce moment, ils ne croissent plus proportionnellement aussi vite que ceux nourris à la viande et il se montre chez eux pendant cette période de singulières monstruosités qui se rapportent à des déviations de l'axe de la queue. Celle-ci pousse selon une ligne tortueuse et forme un angle plus ou moins accusé avec la ligne médiane du corps. Quelques-uns sont tellement estropiés qu'il leur est impossible de se mouvoir. Ils demeurent inertes jusqu'à ce qu'on les excite, ils font alors quelques efforts pour se déplacer. Onze individus sont ainsi déformés et restent petits. Si on rapproche ce nombre de celui indiqué plus haut pour les têtards nourris à l'albumine liquide, il est naturel de supposer que la substance alimentaire n'est pas étrangère à ces monstruosités. Je ne fais du reste qu'indiquer le fait. Nos connaissances relatives aux causes physiques des cas tératologiques sont encore très restreintes ; il y a là peut-être une direction à suivre pour de nouvelles études.

Le 12 mai, douze individus sont encore morts, les vingt-trois survivants non estropiés paraissent en bonne santé. Ils mesurent :

Vase E (12 mai).

	Longueur.	Largeur.
	34	6.50
	36	7.25
	29	6
Total	99	19.75
Moyenne	33	6.58

Le 23 mai, les pattes postérieures émergent sur un

individu, mais c'est un cas unique de précocité, car ce n'est que six jours après que de nouvelles métamorphoses se montrent. Il y a dans ce fait un retard bien accusé sur les têtards nourris à la viande qui, à cette époque, étaient déjà presque tous en possession de ces membres.

Le 8 juin, des inégalités assez fortes existent entre les individus du vase. Aujourd'hui seulement un jeune têtard apparaît portant ses quatre pattes. Sur les 18 autres survivants, 10 ont les pattes postérieures, et 8, parmi lesquels 6 bossus, ne les possèdent pas encore.

Le 16 juin, deuxième petite grenouille.

Les jours suivants, il se fait encore 8 métamorphoses complètes.

Le 30 juin, il ne reste que des bossus sans membres.

Le nombre total des jeunes grenouilles obtenues a été de 10, — un cinquième du nombre primitif. — Le fait d'avoir obtenu la transformation et le développement complet de plusieurs têtards uniquement alimentés d'albumine me paraît intéressant, car il atténue pour ces animaux la portée de la loi sur le mélange nécessaire des aliments plastiques et respiratoires que je rappelais au commencement de cet article.

Vase F. Les têtards de ce vase sont nourris avec le jaune coagulé de l'œuf de poule. Cette substance, beaucoup plus complexe que le blanc, renferme, comme on le sait, une assez forte proportion de graisse, et, sous ce rapport, il était intéressant de la comparer avec le blanc. Or, elle nous a donné ce résultat inattendu qu'elle nourrit les têtards moins que le blanc et qu'elle retarde un peu leur développement. Les jeunes animaux en mangent cependant sans répugnance. On les surprend fréquemment en train de dévorer les fragments en les attaquant par leurs tranches.

Voici leurs dimensions au 20 avril.

Vase F (20 avril).

	Longueur.	Largeur.
	24	5
	20	4
	22.5	4.5
Total	66.50	13.50
Moyenne	22.16	4.50

Il se produit aussi dans ce vase, comme dans le précédent, un certain nombre de monstres, tordus et bossus. Au 20 avril, il y a 7 morts et 5 déformés. Les autres continuent à manger. Toutefois la mortalité devient assez grande, et l'on peut se convaincre déjà à l'œil nu, que plus on avance et plus le jaune d'œuf se montre inférieur au blanc. C'est ainsi qu'au 12 mai les dimensions sont :

Vase F (12 mai).

	Longueur.	Largeur.
	24	5.5
	25	5.5
	29	6.5
Total	78	17.5
Moyenne	26	5.83

Les bossus ne s'accroissent que très peu, comme dans les cas déjà cités.

Le 8 juin, alors que parmi les têtards nourris au blanc d'œuf, dix ont déjà les pattes postérieures, et que l'un d'eux a même celles de devant, les premiers de ces mem-

bres apparaissent chez un individu nourri au jaune. Il est vrai qu'il est bientôt suivi d'autres dans le même cas.

Le 24 juin, j'obtiens la première grenouille.

La mortalité a beaucoup frappé ces derniers jours. Le 30 juin, il n'y a eu que 7 métamorphoses complètes, tout le reste est mort.

Résumé général. La première série d'expériences dont je viens de fournir les éléments essentiels nous conduit à conclure :

1° Que les têtards de grenouille issus d'une même ponte se développent d'une manière très différente selon l'espèce de nourriture qu'on leur accorde.

2° Que les aliments dont il est question ici avantagent l'évolution individuelle dans l'ordre suivant : viande de bœuf, viande de poisson, albumine d'œuf de poule coagulée, jaune d'œuf de poule, substance albuminoïde de l'œuf de grenouille et albumine liquide de l'œuf de poule, substances végétales (algues).

Ce fait ressortira plus évidemment des tableaux comparatifs suivants, où nous grouperons les moyennes indiquées plus haut isolément pour chaque vase.

Tableau I.

Dimensions moyennes en millimètres des têtards dans les différents vases, vingt jours après le commencement de l'expérience.

	Vase A.	Vase B.	Vase C.	Vase D.	Vase E.	Vase F.
Longueur	17	29	29.33	17.66	25.83	22.16
Largeur......	3.8	6.58	6.25	4.08	5.25	4.50

Tableau II.

Dimensions au 12 mai, 42 jours après le commencement de l'expérience.

	Vase A.	Vase B.	Vase C.	Vase D.	Vase E.	Vase F.
Longueur	18.33	38.0	43.50	23.16	33	26
Largeur......	4.16	8.78	9.16	5.33	6.58	5.83

Tableau III.

Nombre relatif des jeunes grenouilles obtenues au 30 juin sur les 50 têtards placés dans chaque vase.

	Nombre.	Proportion.
Vase A	0	0
Vase B	24	1/2
Vase C	33	2/3
Vase D	0	0
Vase E	10	1/5
Vase F	7	1/7

Tableau IV.

Les vases peuvent se ranger dans l'ordre suivant, sous le rapport de la rapidité du développement, en tenant compte de la date à laquelle s'est montrée la première grenouille.

Vase C	le 1er juin	2 grenouilles.
Vase B	le 3 juin	1 »
Vase E	le 8 juin	1 »
Vase F	le 24 juin	1 »

Ce dernier tableau n'est pas à lui seul très significatif, si l'on tient compte des grandes différences individuelles mentionnées plus haut.

3° Que le régime purement végétal est insuffisant pour transformer le têtard en grenouille.

4° Que contrairement à ce qui est admis ordinairement, une substance relativement simple et essentiellement plastique, telle que l'albumine d'œuf de poule, suffit au développement du têtard.

Influence de la qualité des aliments sur la production du sexe.

Dans le travail cité plus haut de M. le Dr Born de Bres-

lau, l'auteur a surtout porté son attention sur la proportion des sexes dans les différentes conditions où il avait placé les petits têtards. Il trouva que, parmi ceux qui subissaient toutes leurs métamorphoses sous l'influence d'une alimentation plus spécifiée, le sexe féminin se trouvait en prédominance. Dans l'ensemble de ses aquariums, sur 1443 têtards métamorphosés et examinés, 95 °/₀ étaient femelles et 5 °/₀ mâles. Dans quelques-uns de ses aquariums, la proportion des femelles était même de 100 °/₀. M. Born attribue ces résultats étonnants au fait de l'absence chez ses animaux d'une nourriture mêlée, telle que celle que leur présentent dans la nature les agglomérations des détritus organiques qui constituent la vase ou le limon des marais, et il appuie cette supposition sur l'observation d'un certain aquarium dont nous avons déjà parlé et qui, ayant reçu accidentellement de la vase, fournit une proportion de 28 °/₀ de mâles, tous bien reconnaissables et de plus forte taille que les autres. D'autre part, M. Born a constaté que, normalement dans la nature, le nombre de mâles, chez les jeunes, égale le nombre des femelles.

Ces singuliers résultats ont naturellement attiré mon attention sur un point important, et, quoique mes expériences aient porté sur un nombre beaucoup moins considérable d'individus, il ne sera pas inutile de rapporter ce que j'ai constaté à cet égard.

Pour reconnaître le sexe sur de si jeunes animaux, M. Born s'est contenté, dans la plupart des cas, de détacher les reins et avec eux les organes génitaux de la paroi postérieure du corps, puis de les examiner sous le microscope à la lumière directe. Selon lui, on peut souvent atteindre de cette manière le but que l'on poursuit, car,

« l'ovaire est plus grand que le testicule, sa longueur est plus de la moitié de la longueur du rein, de même que la largeur. Son extrémité émoussée va au delà des reins en avant. Les contours sont irrégulièrement frangés et la superficie est couverte de taches rondes transparentes, séparées par des lignes blanches. Quant aux testicules, ils sont cinq ou six fois plus courts, étroits, ovalaires, comprimés latéralement à contours nettement arrondis, un peu pointus vers le pôle aboral. A leur surface on remarque des taches blanches, ovalaires, entassées l'une sur l'autre. Sous le microscope, ces taches se montrent remplies de spermatogones. »

On voit par cette description que l'examen de la forme et de l'apparence extérieure peut laisser l'observateur dans le doute. Les deux organes étant tous les deux bosselés de proéminences, de forme semblable. La détermination est difficile, et, afin d'atteindre à une plus grande certitude, j'ai suivi le conseil de M. le prof. H. Fol, en pratiquant des coupes à la hauteur des organes génitaux de mes jeunes grenouilles. Après les avoir colorées entièrement au picro-carminate d'ammoniaque, je les plaçai dans la paraffine[1]. Sur les coupes fines (M. Born en a pratiqué également un grand nombre), la détermination de ce qui est œufs, ou ce qui est cellules spermatiques est ordinairement plus sûre; elle n'est toutefois pas certaine dans tous les cas. En opérant de cette manière, j'ai trouvé dans tous mes bocaux une majorité de femelles, quoique leur proportion vis-à-vis des mâles soit moins forte que dans les expériences de M. Born.

[1] Je signalerai, à ce propos, l'avantage qu'il y a à se servir dans ce cas particulier, comme dans beaucoup d'autres, de l'essence de girofle à la place de l'essence de térébenthine avant l'inclusion dans la paraffine. La térébenthine ratatine beaucoup les tissus.

Voici du reste les chiffres obtenus :

	Nombre total des jeunes grenouilles observées.	♂	♀	Douteux	Perte.	Proportion sur 100 des femelles
Vase B...	24	4	17	2	1	70 %
Vase C...	33	6	25	2	—	75 %
Vase E...	10	3	7	—	1	70 %
Vase F...	7	0	5	2	—	71 % (?)

Enfin, dans un vase mixte dont il n'a pas été question dans le cours de ce travail, et dans lequel 38 têtards étaient nourris simultanément de viande et d'algues, et même de blanc d'œuf coagulé, sans qu'il renfermât de la vase, le nombre des femelles a été de 30, et celui des mâles de 6 seulement. Deux des jeunes grenouilles n'ont pas pu être déterminées.

Il ne faudrait pas accorder aux chiffres qui précèdent une valeur exagérée. Le nombre des individus soumis à l'expérience est évidemment trop petit. Toutefois, lorsqu'on les rapproche de ceux donnés par M. Born, ils prennent une signification. Ils paraissent en particulier démontrer que la qualité des espèces alimentaires que j'ai expérimentées ne joue pas de rôle distinct sur le sexe, puisque le jaune d'œuf produit une moyenne analogue à celle produite par la viande de bœuf. — Il sera intéressant de multiplier ces recherches en les étendant à d'autres aliments (graisses, sucres, etc.), car la viande de bœuf, la viande de poisson, le blanc et le jaune d'œuf sont assez voisins. — Pour le moment, il paraît donc confirmé qu'une nourriture spéciale accordée aux jeunes têtards dès leur sortie de l'œuf favorise chez eux le développement d'une glande génitale femelle.

DÉSINFECTIONS PAR L'ANHYDRIDE SULFUREUX

APPAREILS SIPHONOIDES

AVEC

TRANSVASEUR SPÉCIAL

DESCRIPTION DES APPAREILS ET DU MANIEMENT

PAR

M. Victor FATIO.

Les nombreuses expériences de désinfection que j'ai faites avec l'anhydride sulfureux m'ont démontré que la principale difficulté, dans les diverses applications, résidait toujours dans l'imperfection des instruments destinés à emprisonner et à distribuer ce gaz liquéfié sous forte pression [1].

[1] Voir, pour quelques usages, les diverses brochures du D[r] V. Fatio : Désinfection des véhicules par l'acide sulfureux anhydre (*Archives des sc. phys. et nat.*, avril 1880, t. III, p. 317); Désinfection des véhicules, des plants, des collections d'Hist. nat. et d'objets divers par l'acide sulfureux anhydre (*Archives des sc. phys. et nat.*, novembre 1880, t. IV, p. 475); La guerre aux parasites en champ clos par l'acide sulfureux (*Le Monde de la science et de l'industrie*, Fribourg, janvier 1881); Désinfections par l'acide sulfureux (*Archives des sc. phys. et nat.*, septembre 1881, t. VI, p. 302). De nouvelles applications de désinfections et de traitements sont en voie d'expérience.

L'anhydride sulfureux étant appelé à rendre de grands services, dans une foule de cas où l'acide sulfureux, produit direct de la combustion du soufre ou sans pression, ne peut être employé, il importait d'éviter, autant que possible, les fuites à la fois coûteuses et nuisibles à l'opérateur, et d'arriver à pouvoir, en toutes circonstances, transvaser, transporter, manier et doser facilement ce puissant désinfectant.

Après bien des tâtonnements, j'ai enfin rencontré les plus grandes facilités de maniement dans les instruments que je décris et figure sous le nom d'*appareils siphonoïdes*, ainsi que dans le *transvaseur spécial*, également figuré et décrit ci-dessous, qui permet de charger rapidement et sans danger mes flacons d'application avec les bombonnes dans lesquelles la *Compagnie industrielle des procédés R. Pictet* livre généralement l'acide sulfureux anhydre [1].

Voyant dans ce désinfectant un grand avenir, à beaucoup d'égards, j'ai cru utile de donner ici, soit une description exacte des appareils en question, soit une brève explication du maniement et de l'entretien de ceux-ci.

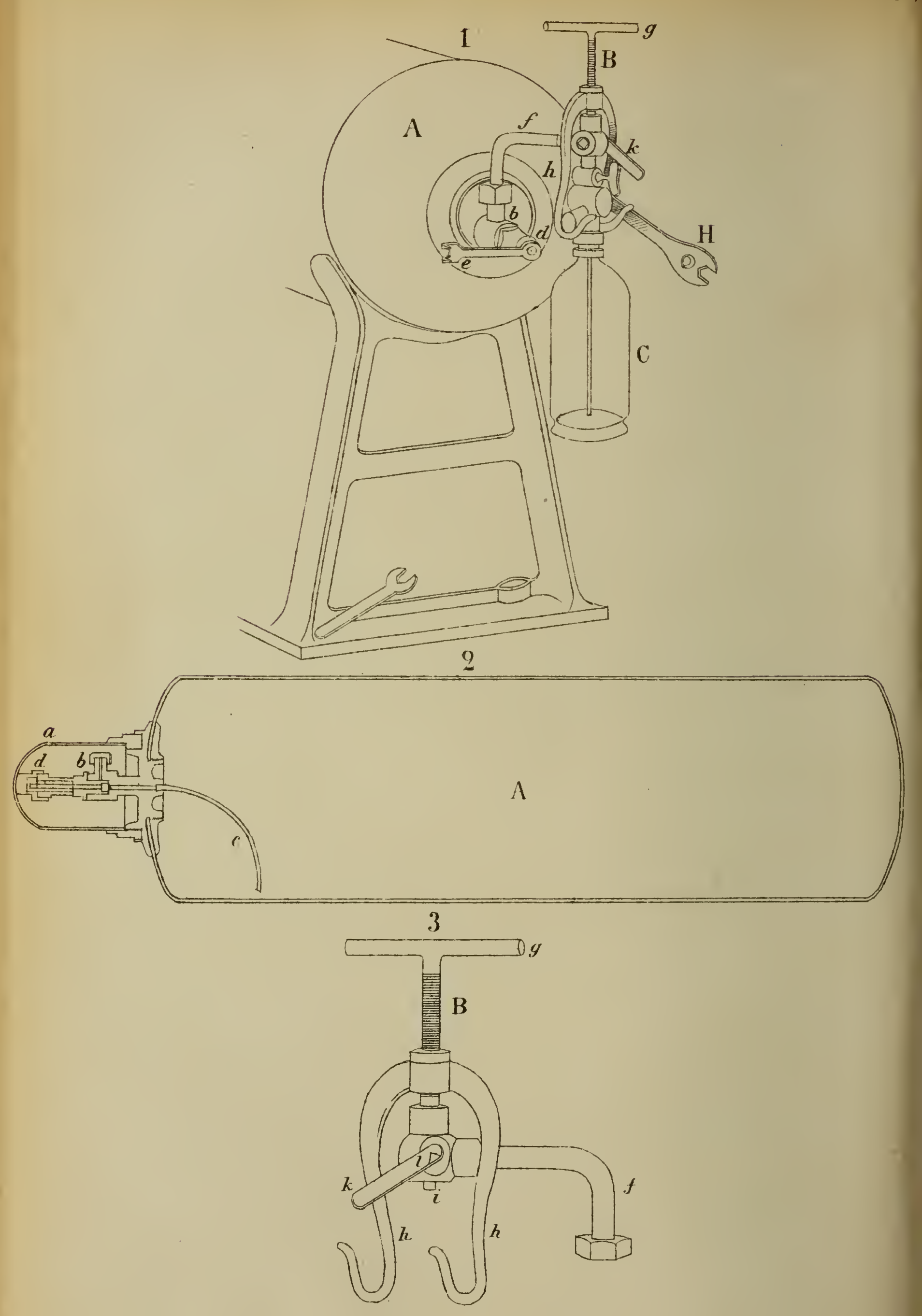
[1] Appareils et transvaseur ont été construits à Genève, dans les ateliers de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de physique et de mécanique.*

APPAREILS SIPHONOIDES A ANHYDRIDE SULFUREUX

Pl. V.

Fig. 1 et 2, échelle 3/4.
Fig. 3 et 4 » 1/8.

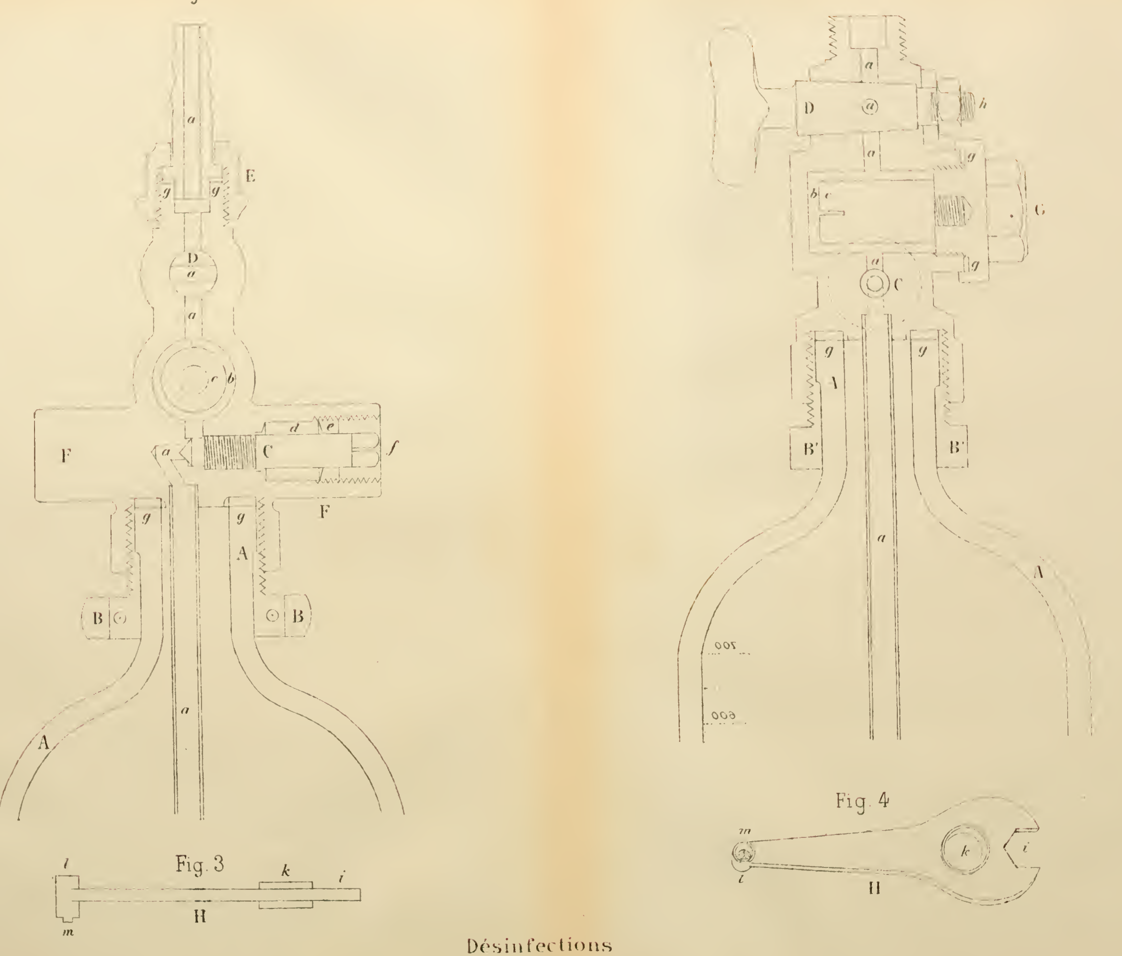
A. Flacon en verre gradué (par cinquante centimètres cubes).
a. Tube d'émission.
B. Bague métallique en deux pièces, avec ailettes pour retenir celle-ci durant le serrage de la tête de bronze sur le flacon. B'. Bague à ailettes, en une pièce coulée sur le verre, devant être maintenue lors du serrage de la tête par une clef spéciale.
C. Cône de fermeture à vis, formant le robinet de sûreté.
D. Robinet supérieur, complémentaire et interrupteur.
E. Raccord métallique et à vis du tuyau de caoutchouc devant articuler la lance de projection.
b. Chambre de dosage d'une capacité de 10 centimètres cubes.
c. Pièce mobile réduisant à 5 centimètres cubes la chambre de dosage.
d. Presse-étoupes assurant la fermeture de la vis du cône.
e. Pièce à vis maintenant le presse-étoupes.
f. Tête carrée du cône à vis.
g. Rondelles de cuir formant les joints.
F. Bras de la tête de bronze servant au serrage de celle-ci sur la bague du flacon.
G. Écrou fermant la chambre de dosage.
h. Écrou du robinet supérieur.
H. Clef des diverses fermetures.
i. Carré destiné au serrage des pièces G et E.
k. Ouverture pour serrer la tête sur la bague, en tirant sur les pièces transverses F.
l. Carré destiné à s'appliquer en *f*, pour mouvoir le cône à vis.
m. Carré denté, s'appliquant aussi en *f*, pour retirer la pièce *e* qui serre le presse-étoupes.



Désinfections

Transvaseur spécial pour les Appareils siphonoïdes du Dr V. Fatio.

Genève 13 Décembre 1881 *Lith. Duc, rue Petitot 11*



Désinfections

Coupe des Appareils siphonoïdes pour l'Anhydride sulfureux, du Dr. V. Fatio.

...nève 13 Décembre 1881

Lith. Duc rue Petitot 11

TRANSVASEUR SPÉCIAL POUR LES APPAREILS SIPHONOIDES

Pl. VI.

Fig. 1, échelle 1/8.
Fig. 2 » 1/10.
Fig. 3 » 1/5.

Fig. 1 et 2 : A. *Bombonne.*
a. Capuchon à vis recouvrant les orifices.
b. Tube d'émission.
c. Tube aspirateur.
d. Tête du cône à vis de fermeture.
e. Clef du cône de fermeture.
B. *Transvaseur en place.*
C. *Siphon disposé pour le remplissage.*
H. Clef du cône de fermeture du siphon.

Fig. 3 et 4 : B. Transvaseur.
f. Branche coudée du raccord avec la bombonne.
g. Poignée de serrage.
h. Crochets destinés à supporter le flacon par ses bras F.
i. Tête de raccord avec le siphon.
k. Levier du robinet interrupteur du transvaseur (ouvert).
l. Traits indiquant la direction des conduits du robinet.

Explications pour le maniement des appareils à anhydride sulfureux.

I. La *bombonne* A, placée horizontalement et dépouillée de son capuchon *a*, doit être tournée de telle manière que son orifice d'émission *b*, sur lequel se visse le transvaseur B, se trouve en haut; cela, afin que le tube d'aspiration intérieur *c* plonge jusqu'au fond du liquide. L'écrou terminal *d* sert à ouvrir et fermer la bombonne, avec une clef *e* destinée à desserrer ou à serrer un cône à vis constituant une fermeture analogue à celle du robinet inférieur des siphons.

Si l'on doit transvaser à l'air libre par de grands froids, il convient d'envelopper chaudement la bombonne ou de la maintenir dans un bain à quelques degrés (15-20) au-dessus de zéro. On sait que l'anhydride sulfureux bout à 10 ou 12 degrés au-dessous de zéro et que, de ce point, sa pression augmente environ d'une atmosphère par dix degrés.

II. Le *transvaseur* B, très simple, se visse, par sa branche coudée *f*, sur l'orifice d'émission de la bombonne en *b*, de manière que sa poignée de serrage *g* soit en haut et ses crochets *h* en bas. Puis le siphon, la pièce E enlevée, est suspendu par ses bras F aux crochets du transvaseur. Après cela, on joint la tête de raccord du transvaseur *i* avec l'orifice de la tête du siphon et, au moyen de la poignée à vis du premier, on serre sur le second, le joint devant se faire sur une rondelle de cuir. Enfin, ayant fermé le robinet du transvaseur par le moyen du petit levier latéral de celui-ci (des traits formant un angle à la base du levier indiquent la position du conduit en *l*), il n'y a plus qu'à desserrer le cône terminal de fermeture de la bombonne en *d*, et l'on peut alors transvaser à volonté dans le siphon, bien purgé. Pour des remplissages très fréquents, il n'y a plus donc qu'à manier le levier du transvaseur. (La vis du cône de fermeture de la bombonne étant parfois un peu résistante, il est prudent de ne pas suspendre le siphon assez lourd avant que le premier effort soit fait.)

III. *Le siphon doit être purgé d'air et refroidi* avant que

d'être soumis au remplissage, s'il n'a point servi ou s'il est entièrement vide. Pour cela, il faut faire entrer seulement un peu d'acide liquide dans la bouteille, puis laisser échapper de celle-ci un peu de gaz en la retournant le fond en l'air. L'acide bouillira d'abord très fort, au moment de l'ouverture des robinets, mais il cessera bientôt, et le siphon sera purgé ainsi que suffisamment refroidi. Il est bon, après cela, *de ne pas remplir les bouteilles au delà de leur dernière division*, pour éviter les explosions par dilatation.

La même opération de purge et de refroidissement doit être faite eu égard à la *chambre de dosage b*, pour qu'elle se remplisse entièrement à la première application, car la tête de bronze doit être plus froide que le siphon. Il suffit pour cela de laisser échapper un peu d'acide à l'air libre.

Il faut, avant le remplissage des siphons, *vérifier toujours le serrage de la tête sur la bague*, en maintenant fortement cette dernière avec la clef destinée à cet usage.

Les *cuirs des joints* doivent être aussi souvent visités. Ceux-ci sont bouillis dans un mélange de cire et de suif.

Un *siphon retourné* n'émet plus que du gaz; mais le froid qui se produit vers le fond entrave bientôt l'émission de celui-ci.

Des *fuites* pourraient se produire aux appareils :

1° Entre la bague et la tête de bronze, ou entre la bague et le flacon; serrer alors fortement la tête sur la bague B, en maintenant cette dernière immobile, et changer au besoin le cuir du joint sur la bouteille en *g*.

2° Par le cône de fermeture C; visiter alors le presse-étoupes, graisser la vis et au besoin roder légèrement le cône lui-même, s'il est trop attaqué.

3° Par le robinet supérieur D; le graisser très souvent et, s'il est un peu attaqué, le roder aussi légèrement, puis resserrer un peu son écrou.

4° Par l'écrou de dosage G; graisser et serrer dessus.

5° Par l'écrou du porte-lance E; graisser et serrer aussi simplement dessus.

IV. Des *lances*, tubes métalliques de divers calibres et de différentes longueurs, doivent être jointes et articulées avec la tête de l'appareil siphonoïde pour permettre de conduire

à volonté l'acide sulfureux encore liquide, pulvérisé ou déjà réduit à l'état de gaz dans toutes les directions et au travers des plus petites ouvertures. L'une des extrémités de la lance porte un tuyau de caoutchouc épais armé d'une bague métallique à vis destinée à relier celle-ci à la tête du siphon en E; l'autre extrémité peut demeurer librement ouverte ou, au moyen d'un pas de vis, porter, selon le cas, ou un bec effilé, ou un pulvérisateur formé de deux jets qui se brisent l'un sur l'autre, ainsi que je l'ai déjà expliqué et figuré dans le numéro de novembre 1880 des *Archives des sciences physiques et naturelles*.

Enfin, pour des opérations très délicates, j'ai encore fait construire des lances pourvues de un ou de deux robinets.

V. Fatio.

Genève, 13 décembre 1881.

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1881

PAR

M. ERNEST FAVRE

(Suite et fin.)

II. Terrains.

Terrains primaires.

M. Tavernier[1] a découvert en Savoie, dans la chaîne de Loy que longe au nord la route de Taninges aux Gets, un chaînon de granit qui commence au chalet de la Rosière; il paraît faire suite à un affleurement de même nature reconnu dans le bois des Lanches, territoire des Gets. Cette roche se trouve près du massif de serpentine signalé par M. A. Favre. Sa présence, loin des masses centrales et au milieu des terrains secondaires, est un fait très important. Il serait intéressant d'en étudier les rapports avec ces formations.

M. Renevier[2] a rendu compte d'une excursion faite avec plusieurs géologues aux environs de Martigny, en 1880. Il a été constaté que les terrains des deux versants de la vallée du Rhône en aval de cette ville sont en parfaite continuité et que ceux du Roc de Follaterre corres-

[1] Tavernier, Une découverte géologique. *Rev. Savois.*, 1881, 104.
[2] *Bull. Soc. vaud.*, 1880, XVII, p. xxxi.

pondent exactement à ceux qui s'élèvent en aval de la Bâtiaz contre le mont d'Arpille; ces terrains, généralement considérés comme des gneiss, sont des grès bréchiformes plus ou moins métamorphiques. Plus au nord, au-dessus du Rozé (Outre-Rhône), se retrouvent les vrais gneiss que M. Renevier considère aussi comme sédimentaires.

M. Stapff[1] a continué la publication des coupes et tabelles géologiques du tunnel du Gothard. Cette nouvelle livraison contient la description des roches comprises entre 2856^m^ et 5350^m^ du côté nord (éch. 59 à 104) et entre 3046^m^ et 5211^m^ du côté sud (éch. 124 à 157). Le tunnel a été ouvert à la circulation le 1er janvier 1882.

Le même auteur[2] a déjà signalé dans le massif du Finsteraarhorn et dans le Gothard la présence d'une fausse schistosité du gneiss; elle est très visible entre Göschenen et Amsteg, et encore plus frappante au Monte Piottino, entre Airolo et Faido, sur le versant sud du Gothard; les bancs parallèles du gneiss, qui est souvent très plissé, plongent rapidement au sud avec une direction est-ouest; la schistosité secondaire, beaucoup plus apparente, est dirigée au nord-ouest avec plongement au sud-ouest, c'est-à-dire en concordance avec les micaschistes, quartzites et dolomies qui surmontent le gneiss. Les tranchées du chemin de fer, qui ont mis à découvert de grandes surfaces, ont beaucoup facilité à M. Stapff ses observations.

La coupe de la vallée du Tessin, d'Ossogno à Dazio, donne la série suivante : 1° gneiss; 2° gneiss micacé;

[1] Stapff, Geologische Tabellen und Durchschnitte über den grossen Gotthardtunnel. *Rapports du Conseil fédéral, 7me livr.* 1881.

[2] Stapff, Wie am Monte Piottino die Parallelstruktur des Gneisses in Schichtung übergeht. *Neu. Jahrb. für Miner.*, 1882, I, 75.

3° gneiss formant le Monte Piottino et dans lequel s'observent les phénomènes indiqués; 4° micaschiste gneissique; 5° micaschiste; 6° schiste quartzeux; 7° micaschiste calcaire; 8° dolomie et cargneule. L'auteur décrit et figure la structure si particulière du gneiss n° 3, dans laquelle les veines de quartz, tantôt plus ou moins rectilignes, tantôt brisées et contournées de mille manières, viennent couper sous des angles divers les plans de stratification. Ces faits s'observent surtout entre Dazio et le pont de Polmengo, dans toutes les parties de ce gneiss, quoiqu'ils soient moins marqués dans les parties supérieure et inférieure où la roche est plus micacée.

Si la stratification de ce gneiss n'est qu'une fausse schistosité, c'est-à-dire une division en plaques produite par des fissures rapprochées, parallèles et recouvertes de mica, on se demande quels agents naturels ont pu la déterminer et pourquoi elle est parallèle à celle des dépôts sédimentaires qui la recouvrent et des micaschistes sur lesquels elle repose. Si l'on admet, au contraire, que ce gneiss était primitivement stratifié, parallèlement aux terrains dans lesquels il est intercalé, il faut chercher une explication de la schistosité transversale et de la formation de ces veines si tourmentées. M. Stapff croit la trouver dans des glissements subis par les bancs de gneiss au moment du soulèvement. Ces mouvements auraient froissé les roches de diverses manières et amené un déplacement des particules qui aurait produit ce phénomène. Sa démonstration est appuyée par des expériences pratiques. Il est possible que cette schistosité se soit formée quand la roche était encore à l'état argileux et plastique. Les minéraux micacés, qui sont tendres, s'effeuillent, se pulvérisent et se contournent si aisément, diminuent les

frottements et permettent aux éléments rigides de se déplacer facilement. L'humidité joue un rôle considérable dans la plasticité des roches, mais on ne peut encore qu'indiquer son importance, son rôle n'ayant pas encore été suffisamment étudié.

Terrains paléozoïques.

M. A. Cathrein[1] a fait l'étude des dolomies du Tyrol septentrional aux environs de Brixlegg et de Rattenberg, sur la rive droite de l'Inn. Il y a dans cette région deux zones de cette roche qui sont séparées par des calcaires, des marnes, des grès et des schistes, mais dont le manque de fossiles rend la distinction très difficile ; la plus ancienne est la dolomie de Schwaz, nommée calcaire de Schwaz, la plus récente la dolomie à *Cardita*. Entre elles se trouvent des brèches et des grès rouges, la cargneule et le muschelkalk ; à la base, la zone inférieure passe peu à peu à des schistes argileux dolomitiques, appelés par M. Pichler schistes de la Wildschönau, par MM. de Mojsisovics et Stache schistes de la grauwacke.

Ces schistes sont intimement liés aux terrains phylladiques et aux gneiss de la chaîne centrale; ils sont le prolongement des schistes de Dienten à *Orthoceratites* et *Cardiola interrupta* et de ceux du Semmering où l'on a trouvé des *Lepidodendron* et des fougères; ils contiennent partout du minerai de fer et ils appartiennent aux terrains paléozoïques, silurien supérieur ou carbonifère. Ils correspondent probablement en partie aux schistes de Casanna de la Suisse.

[1] Cathrein, Die Dolomitzone bei Brixlegg in Nordtirol. *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst.*, 1880, XXX, 609.

L'auteur décrit les caractères minéralogiques et stratigraphiques de ces diverses formations et discute l'âge de plusieurs d'entre elles. Il ne peut se rattacher à l'hypothèse de M. Gumbel qui a regardé la dolomie de Schwaz comme l'équivalent du calcaire à *Bellerophon* du Tyrol méridional. M. de Mojsisovics l'a parallélisée avec la dolomie de Röthi des Alpes suisses; il y a entre ces deux terrains une grande ressemblance pétrographique, mais celle-ci repose sur le verrucano représenté par des grès, des conglomérats et des quartzites qui sont probablement du Rothliegende et elle paraît appartenir au Zechstein, tandis que dans le Tyrol, la dolomie de Schwaz est recouverte par ces grès et conglomérats que surmonte directement le muschelkalk; la question ne paraît donc pas encore entièrement résolue. Il n'y a aucune discordance entre ces formations.

Terrains mésozoïques.

M. R. Hœrnes [1] a publié une monographie du genre *Megalodus*. Parmi les types décrits, il en a reconnu 15 bien caractérisés dont deux appartiennent au lias, *M. chamæformis* Schl. sp. et *pumilus* Gümb., un au devonien de l'Eifel, *M. cucullatus* Sow., les autres au terrain triasique des Alpes, couches de Hallstatt, de S. Cassian et calcaire du Dachtein. Ce dernier horizon renferme à lui seul 7 espèces. Un grand nombre de fossiles décrits sous ce nom générique ont dû en être séparés. Ce mémoire se termine par la description de 6 espèces nouvelles provenant des couches triasiques des Alpes méridionales.

[1] R. Hœrnes, Materialen zu einer Monographie der Gattung Megalodus mit besonderer Berücksichtigung der mesozoischen Formen. *Denkschr. math. nat. Classe d. k. Akad. d. Wiss.*, 1880.

TERRAIN RHÉTIEN. Les couches rhétiennes contiennent dans les Alpes orientales une faune très riche, comprise entre les faunes également abondantes du trias et du lias. M. ZUGMAYER [1] a fait l'étude des brachiopodes de ce terrain qui, depuis l'important mémoire de M. Suess, n'avaient pas été l'objet de recherches spéciales. MM. Suess et de Mojsisovics ont distingué dans cette formation les facies souabe, carpathique, ceux du calcaire à Lithodendron de Kœssen, de Salzbourg et de Stahremberg, facies superposés dans certaines contrées, mais n'ayant ailleurs qu'un développement imparfait et qui ont dû avoir, en partie du moins, une durée contemporaine. Ceux de Kœssen et de Stahremberg sont très riches en brachiopodes, et un grand nombre d'espèces leur sont communes. La plupart d'entre eux proviennent de la vallée de Piesting dans le Tyrol. Ce dernier facies paraît avoir duré pendant toute la période rhétienne dans une partie de cette contrée. Cette faune de brachiopodes n'a aucune affinité avec celles du terrain triasique supérieur et du lias inférieur; elle en reste indépendante, tout en formant un chaînon intermédiaire; un certain nombre de ces fossiles ont encore une ressemblance remarquable avec les formes paléozoïques. Les espèces décrites sont au nombre de 26, parmi lesquelles 10 sont nouvelles.

TERRAIN LIASIQUE. Le mémoire de M. Taramelli sur les Alpes vénitiennes (Rev. pour 1880, 219) a suscité diverses réponses des géologues autrichiens : M. M. NEUMAYR [2] a résumé les caractères des calcaires gris de cette région.

[1] Zugmayer, Untersuchungen über rhätische Brachiopoden. *Beitr. zur Palæontol. von Œsterreich-Ungarn*, 1880, I, 1.

[2] Neumayr, Ueber den Lias im südöstlichen Tirol und in Venetien. *Neues Jahrb.*, 1881, I, 207.

Ces calcaires renferment à Rotzo et ailleurs beaucoup de plantes qui ont été décrites par M. de Zigno, et, par places, un certain nombre de brachiopodes, de lamellibranches et d'autres fossiles cités par plusieurs auteurs (*Terebratula Rotzoana* Schaur., *Renierii* Cat.. *hexagona* Ben., *perovalis* Sow., *Megalodon pumilus* Ben., *Harpoceras radians* Rein., *Cœloceras* cf. *crassum* Sow.). Leur épaisseur varie de 200 à 2000 pieds; ils reposent généralement sur les dolomies triasiques. Au lac de Garda et dans la vallée de l'Adige, ils sont recouverts par le terrain jurassique moyen qui paraît manquer plus à l'Est. L'auteur donne plusieurs coupes détaillées de cette puissante formation.

L'analogie de la flore contenue dans ces calcaires avec celle de Scarborough avait conduit M. de Zigno à les classer dans le terrain jurassique, tandis que M. Zittel et d'autres géologues les ont rapportés au lias. M. Neumayr montre que les caractères paléophytologiques ne sont pas assez précis pour pouvoir être mis en comparaison avec les caractères stratigraphiques et paléontographiques de cette formation qui sont de nature à confirmer l'opinion de M. Zittel. Ces calcaires gris paraissent donc appartenir au lias, et diverses indications déjà recueillies prouvent qu'ils ne représentent pas exclusivement le lias supérieur, mais plutôt l'ensemble de la formation liasique à l'exception peut-être de ses deux zones inférieures.

M. Bittner [1] a signalé un nouveau gisement de lias supérieur avec *Amm. bifrons* Brug. et *subplanatus* Opp. dans les Alpes véronaises, à un niveau assez élevé dans

[1] Bittner, Mittheilungen an dem Aufnahmsterrain. *Verhandl. k. k. g. Reichsanst.*, 1881, 52. Voy. aussi : Bericht über die Aufnahmen in der Gegend von Brescia. *Ibid.*, 1881, 269.

la série des calcaires secondaires. Cette intéressante découverte est contraire à l'opinion de M. Taramelli qui en rapporte la plus grande partie au terrain jurassique.

Ce dernier auteur [1] a maintenu son opinion dans une réponse à M. Bittner.

M. MENEGHINI [2] a terminé la description des fossiles du lias supérieur des Alpes et de l'Apennin commencée en 1867. Il y a joint un appendice et une révision des espèces, nécessitée par la lenteur avec laquelle cette publication a été faite. Un des gisements de la Lombardie les plus riches en fossiles est celui de Bicicola; il renferme bien des types du lias moyen et inférieur (*Nautilus intermedius* Sow., *Phylloceras Partschi* Stur., *Zetes* d'Orb., *Ægoceras striatum*, Rein., *Harpoceras Algovianum* Opp., *Masseanum* d'Orb., *Terebratula Aspasia* Men.) et plusieurs espèces spéciales; celles qui sont le plus caractéristiques du lias supérieur lui font défaut; il paraît donc plus ancien que le gisement d'Erba. Celui-ci renferme aussi un bon nombre de fossiles du lias moyen, mais ils sont représentés par un petit nombre d'échantillons. (*Amaltheus margaritatus* Mtf., *spinatus* Brug., *Lytoceras lineatum* Schl.. *Ægoceras Taylori* Sow., etc. Ces espèces sont plus fréquentes dans le *Medolo* du Val Trompia où l'*Harpoceras Algovianum* est le fossile prédominant. Ce gisement a 23 espèces communes avec d'autres du lias supérieur, mais les types caractéristiques de ce terrain y sont rares, et il est probable qu'il y

[1] Taramelli, Sulla posizione stratigrafica della zona fillitica di Rotzo e dei calcari marini che la comprendono. *Rendic. del R. Istit. lomb.*, 1881, XIV.

[2] Meneghini, Monographie des fossiles du calcaire rouge ammonitique (lias supérieur) de Lombardie et de l'Apennin central. *Paléontologie lombarde*, 4me série, 1867-1881.

a là plusieurs horizons à distinguer. Les faunes des gisements de l'Apennin paraissent mieux caractérisées ou plutôt les divers horizons ont été plus soigneusement distingués. Un appendice avec 7 planches est consacré aux fossiles du *Medolo*.

TERRAIN JURASSIQUE. M. D'ACHIARDI[1] a décrit des polypiers des Alpes méridionales, conservés dans les musées du nord de l'Italie. La faune du Monte Pastello près de Vérone paraît devoir être attribuée à un horizon compris entre la grande oolite et le coral-rag sans qu'on puisse indiquer exactement l'horizon, rapporté jusqu'ici à l'oolite inférieure ; elle a quelque ressemblance avec la faune de Nattheim. Les environs de Menton, près de Nice, ont fourni une faune dont il est difficile de préciser l'âge. Le gisement du Monte Cavallo, dans le Frioul, paraît être d'époque tithonique. Quelques polypiers épars, provenant de gisements divers, sont aussi décrits dans ce mémoire.

M. PARONA[2] a décrit une faune de 41 espèces recueillies dans les calcaires jurassiques à Camporovere dans les Sette Comuni, et qui appartient aux couches à *Posidonomya alpina*. Les échantillons sont presque tous de très petite taille ; les ammonites et les brachiopodes y sont très abondants. Nous citerons :

Phylloceras Kudernatschi Hau., Zignodianum d'Orb., Oppelia fusca Quenst., Stephanoceras Brongniarti Sow., rectelobatus Hau., Posidonomya alpina Gras, Terebratula Gerda Opp., curviconcha Opp., bivallata Desl., sulcifrons Buv., Rhynchonella coarctata Opp., subechinata Opp., et plusieurs nouvelles espèces.

Dans une note sur les terrains oolithiques en Savoie,

[1] A. d'Achiardi, Coralli giurassici dell' Italia settentrionale. *Atti Soc. Tosc. d. Sc. natur.*, 1880, IV.

[2] Parona, I fossili degli strati a Posidonomya alpina di Camporovere nei Setti Comuni. *Atti Soc. ital. dei Sc. nat.*, 1880, XXIII.

M. Révil[1] établit que la mer oolithique inférieure s'est étendue sur une grande partie de cette région. On en trouve des fossiles à la Table près de la Rochette, au col de la Madeleine, au Mont-Joli, à la montagne de Cordon, près de Servoz et près de Meillerie. Ils appartiennent aux zones à *Amm. opalinus*, *Murchisonæ* et *tripartitus*.

M. P. de Loriol[2] a figuré une belle astérie fossile pour laquelle il a dû créer un genre nouveau. C'est le *Leptiaster Martinii*, de l'étage bathonien de la Côte d'Or, fossile qui appartient au musée de Genève. Il a décrit aussi une autre astérie, l'*Astropecten Mabillei*, espèce nouvelle de l'étage bathonien (?) des rochers de Sassel-sur-Baulmes, dans le canton de Vaud, et encore deux crinoïdes nouveaux des terrains jurassiques du Portugal.

M. J. Henry[3] a publié une série de coupes du terrain bathonien supérieur des environs de Besançon. Il y a reconnu de haut en bas les subdivisions suivantes :

A. Calcaire gris, ferrugineux, grenu, non oolithique, renfermant de nombreux restes d'échinodermes, avec une couche marneuse fossilifère à la base (Serpula tricarinata Goldf., Terebratula digona Sow., intermedia Sow., Ostrea costata Sow., Marshii Sow., nombreux polypiers).

B. Calcaire gris foncé, oolithique, où abondent Ostrea Parandieri Coq., Apiocrinus Parkinsoni d'Orb., des nérinées et des polypiers ; on y trouve aussi Strophodus reticulatus Ag., Trigonia undulata From., Pecten vagans Sow., Avicula echinata Sow., Echinobrissus clunicularis Lhw., Holectypus depressus Leske.

C. Calcaire roux à ciment ferrugineux, peu fossilifère, à Nerinea

[1] Révil, Terrains oolithiques en Savoie et gisement de la Table. *Rev. Savois.*, 1881, 61.

[2] P. de Loriol, Description de quatre échinodermes nouveaux. *Mém. Soc. paléont. suisse*, 1880, VII.

[3] J. Henry, Bathonien supérieur des environs de Besançon. *Mém. Soc. d'émul. du Doubs*, 1879, IV, 196.

axonensis d'Orb., Trigonia undulata From., Avicula echinata Sow., etc.

D. Marnes bleues à Avicula echinata Sow., avec débris de bryozoaires et d'échinides (Serpula tricarinata Goldf., Pholadomya texta Ag., Lima aciculata Munst., Terebratula cardium Lmk., coarctata Park., intermedia Sow., Holectypus depressus Ag.

E. Calcaire compacte, grenu, dont la surface est perforée par les lithophages et parsemée de débris d'huîtres adhérentes.

Cette série repose sur un calcaire compacte à pâte lithographique qui représente la partie supérieure du Forest-marble. Elle est complète à Laissey-sur-Doubs, mais fragmentaire dans tous les autres gisements étudiés par l'auteur.

La zone A, à laquelle manquent l'*Avicula echinata* et l'*Apiocrinus Parkinsoni*, est l'équivalent du callovien I de M. Choffat (marnes à *Amm. macrocephalus*). Le cornbrash est formé en Franche-Comté des couches B, C, D, caractérisées par les deux fossiles indiqués et qui correspondent à trois phases pendant lesquelles les conditions géognostiques de cette contrée ont subi de grandes variations, comme le prouvent les interruptions dans les dépôts et les érosions dont ces assises portent les traces. La zone B se trouve partout et la zone D paraît également avoir une aire très étendue; le dépôt C paraît au contraire local.

M. Parona [1] a signalé dans les Alpes vénitiennes occidentales la présence de plusieurs faunes des terrains jurassiques supérieurs. La zone à *Amm. transversarius* sur la présence de laquelle on avait déjà quelques indications, a été reconnue à Zulli; elle renferme les *Ammonites mediterraneus* Neum., *Loryi* Mun., *Œgir* Opp., *transver-*

[1] Parona, Di alcuni fossili del Giura superiore raccolti nelle Alpi venete occidentali. *Rendic. del R. Istit. lomb.*, 1881, XIV.

sarius Qu., quelques espèces moins certaines et la *Terebratula* cf. *janitor* Pict., échantillon un peu incomplet et qui provient d'une couche un peu plus élevée. La zone à *Ammonites acanthicus* a été trouvée dans plusieurs gisements, à Fosse, Stallavena, Masi et San-Bartolo. Enfin, le tithonique inférieur à *Terebratula diphya* a fourni un grand nombre de fossiles provenant de localités diverses.

M. P. de Loriol[1] a terminé sa monographie des couches à *Ammonites tenuilobatus* d'Oberbuchsitten et de Wangen, dans le canton de Soleure. L'intérêt spécial de ce travail résulte de l'association d'espèces du facies à spongiaires de cette zone (couches de Baden) avec des espèces astartiennes, mélange qui fixe l'âge de cette zone, mais qui a été fréquemment contesté. Sur les 87 espèces décrites, 24 (*Serpula thermarum* P. de L., *medusida* Et., *Nautilus franconicus* Opp., *Ammonites Holbeini* Opp., *Lothari* Opp., *effrenatus* Font., *subinvolutus* Mœsch, *polygyratus* Rein., *Strauchianus* Opp., *Collyrites trigonalis* Des., etc.), ont été recueillies ailleurs dans la zone à *Amm. tenuilobatus ;* la plus grande partie du reste de la faune se retrouve dans le séquanien supérieur ou astartien proprement dit, ou bien dans des couches plus élevées (*Homomya hortulana* Ag., *Ceromya excentrica* Ag., *Arca texta* Rœm., *Mytilus subpectinatus* d'Orb., *Lima tumida* Rœm., *Ostrea Bruntrutana* Thurm., *virgula* d'Orb., *Rhynchonella pinguis* Rœm., *Waldheimia humeralis* Rœm., *Hemicidaris Agassizi* Rœm.); 8 espèces seulement ont déjà commencé dans l'étage oxfordien.

[1] P. de Loriol, Monographie paléontologique des couches de la zone à Ammonites tenuilobatus (Badener Schichten) d'Oberbuchsitten et de Wangen (Soleure). *Mém. Soc. paléont. suisse*, 1880, VII, 1881, VIII.

Ces résultats confirment donc entièrement l'opinion des géologues qui considèrent la zone à *Amm. tenuilobatus* (couches de Baden) comme un facies de l'astartien ou séquanien supérieur, opinion que l'on pouvait déjà tirer de sa position stratigraphique. Les recherches de M. Mœsch avaient en effet prouvé qu'à mesure qu'on s'éloigne, de Baden vers l'O., la zone à *Amm. tenuilobatus* perd peu à peu ses espèces typiques, ammonites et spongiaires, qui sont remplacées par un nombre toujours croissant de gastéropodes et surtout d'acéphales astartiens. C'est précisément aux environs de Wangen et d'Oberbuchsiten que cette association est le mieux caractérisée, et les coupes géologiques des terrains jurassiques supérieurs prises par M. Mœsch et reproduites par M. de Loriol, indiquent de la manière la plus nette la position stratigraphique de cette faune de mélange.

M. Hollande [1] a publié des coupes des terrains jurassiques supérieurs prises au nord de Chambéry, à la Cluse de Saint-Saturnin et au Nivolet, où ces terrains sont recouverts par la formation crétacée. Il classe la zone à *Amm. tenuilobatus* et les calcaires à *Amm. lithographicus* dans le terrain oxfordien. Les couches à *Cidaris glandifera* de la Vigne Droguet appartiennent d'après lui au coral-rag; elles commencent par une brèche à nombreux polypiers, recouverte par des calcaires blancs, compactes. Sur ces derniers se trouvent des calcaires à ciment qu'il parallélise avec ceux de la Porte-de-France à Grenoble et qui sont surmontés par les marnes de Berrias, le valangien, le néocomien et l'urgonien.

[1] Hollande, Lémenc et le Nivolet, au nord de Chambéry (Savoie). *Bull. Soc. géol. de France*, 1879, VII, 678.

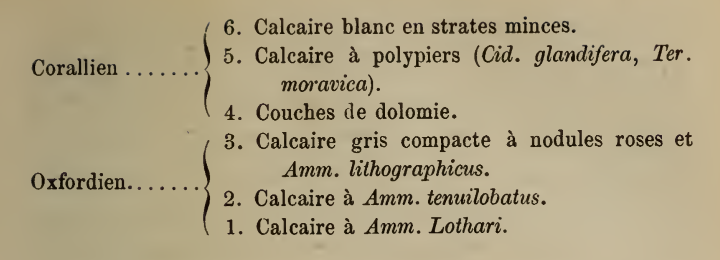
Le même auteur[1] a étudié les terrains du plateau de Montagnole et de la base du Mont-de-Joigny à l'est et au sud de Chambéry, et les rapports de ces terrains avec les terrains crétacés; il a relevé aux environs de cette ville un grand nombre de coupes qui donnent une idée précise de la nature des terrains de jonction; le calcaire à polypiers de Lémenc (couches de la Vigne-Droguet), n'est pas cantonné en un seul îlot, mais forme un horizon continu sur les couches à *Ammonites lithographicus* et *tenuilobatus;* il est recouvert de calcaires à ciment sur lesquels on trouve le calcaire grossier de Montagnole, fossilifère, surmonté lui-même des marnes de Berrias.

Dans une troisième note[2] il décrit l'ordre stratigraphique des terrains dans les chaînes jurassiennes situées au S.-O. et à l'O. de Chambéry, du Corbelet au Mont-de-Lépine et au Mont-du-Chat, et donne deux coupes prises du Corbelet à la chaîne de Lépine et d'Yenne au lac du Bourget, puis il compare cette série avec celle des terrains alpins étudiés dans les notes précédentes. Je résume ici la série des terrains dans les chaînes subalpines telle que la donne cet auteur :

Crétacé......	13. Calcaire à *Chama ammonia.*
	12. Calcaire à *Echinospatagus cordiformis.*
	11. Calcaire jaune valangien.
	10. Marnes de Berrias.
T. intermédiaire. (crétacés?)	9. Calcaire lumachelle à polypiers et crinoïdes.
	8. Calcaire à ciment, gris, compacte (Porte-de-France).
	7. Brèche à fossiles roulés.

[1] Hollande, Sur la limite des terrains jurassique et crétacé au sud de Chambéry (Savoie). *Bulletin de la Soc. géolog. de France*, 1879, VII, 686.

[2] Hollande, Les terrains du Nivolet, au nord de Chambéry, comparés à ceux du Corbelet, du Mont de Lépine et du Mont du Chat. *Bull. Soc. géol. de France*, 1880, VIII, 212.



Corallien	6. Calcaire blanc en strates minces.
	5. Calcaire à polypiers (*Cid. glandifera*, *Ter. moravica*).
	4. Couches de dolomie.
Oxfordien	3. Calcaire gris compacte à nodules roses et *Amm. lithographicus*.
	2. Calcaire à *Amm. tenuilobatus*.
	1. Calcaire à *Amm. Lothari*.

Dans les chaînes jurassiennes, le n° 3 est remplacé par un calcaire à *Terebr. insignis;* le n° 5 est également représenté par un calcaire coralligène à polypiers, nérinées, *Diceras arietina,* etc., au-dessus duquel se trouvent les dépôts du Purbeck. Ceux-ci sont recouverts par le valangien à *Pygurus rostratus* et *Natica Leviathan* qui commence la série néocomienne déjà représentée dans les Alpes par les marnes de Berrias. Les n°s 7 à 9 sont regardés comme des terrains intermédiaires; le n° 9 ayant des fossiles à caractère jurassique tandis que le calcaire à ciment renfermerait d'après M. Hollande des ammonites du type crétacé.

Une notice plus récente du même auteur [1] renferme une série de coupes des terrains jurassiques supérieurs et crétacés inférieurs des environs de Chambéry et fait connaître d'une manière plus précise ces gisements de Lémenc, de Montagnole, de Saint-Saturnin, du Nivolet sur lesquels on a beaucoup discuté, et quelques gisements nouveaux.

En continuant ses recherches sur la colline de Lémenc, M. Pillet [2] a reconnu l'existence d'un horizon distinct en-

[1] Hollande, La zone à *Ammonites tenuilobatus* aux environs de Chambéry (Savoie). *Rev. Savois.*, 1881, 65.

[2] Pillet, Sur les couches à Aptychus de Lémenc (Savoie). *Bull. Soc. géol.*, 1881, IX, 361.

tre le calcaire à *Amm. lithographicus* (couches de Rogoznik) et le calcaire coralligène de la Vigne Droguet (couches de Stramberg) et il l'a constaté ensuite dans plusieurs autres lieux. L'auteur le nomme couches à *Aptychus* et en a retrouvé l'équivalent au Pouzin (Ardèche) sur les calcaires du château de Crussol. Il y signale la faune suivante dans laquelle les Aptychus sont très abondants :

Belemnites semisulcatus Munst., Pilleti Pict., nov. sp., Datensis E. Favre, Ammonites sp. ind., Aptychus punctatus Voltz, Beyrichi Opp., Terebratula Bilimiki Suess, Hynniphoria globularis Suess, Rhynchonella capillata Zitt., Rhabdocidaris sp., Balanocrinus subteres Schl., Phyllocrinus nutantiformis, Schaur., Tetracrinus moniliformis, Munst.

Les ammonites sont tout à fait rudimentaires. Au-dessus commence la faune du calcaire de Stramberg. L'auteur regarde cet horizon comme l'équivalent du tithonique des Alpes fribourgeoises (Rev. pour 1879, 209), quoique ce dernier terrain renferme un mélange d'espèces du tithonique inférieur et du tithonique supérieur et paraisse représenter en ce point ces deux horizons.

M. Boehm[1] a étudié les bivalves des couches à *Diceras Munsteri* de Kelheim près de Ratisbonne qui sont recouverts là par les *Plattenkalke* et sur l'âge desquels on n'est point encore d'accord. Il y a déterminé 63 espèces. Cette faune a un caractère franchement jurassique, quoique l'auteur y ait reconnu une espèce crétacée, le *Mytilus Couloni* Marc. C'est avec la faune du tithonique supérieur qu'elle paraît avoir le plus d'affinité.

[1] Bœhm, Die Bivalven der Schichten des Diceras Munsteri (Diceraskalk) von Kelheim. *Zeitschr. d. d. geol. Ges.*, 1881.

T. CRÉTACÉ. M. Ch. LORY[1] a signalé un gisement de poissons fossiles dans les marnes aptiennes de Rosans (Hautes-Alpes). Ils se trouvent dans des nodules dont les plus grands ont 4 à 5 centimètres, et sont très imparfaitement conservés; ils appartiennent à des ganoïdes. Le même horizon a été reconnu en 1860, par M. VILLOT[2], dans la vallée de la Doua (Vaucluse).

Dans une excursion au Mont-Charvin, M. HOLLANDE[3] a reconnu que le sommet de cette montagne est formé par la craie blanche à *Belemnitella mucronata, Inoceramus problematicus, Ananchytes ovata* et il a trouvé dans la Combe d'Ugines le gault à *Ammonites mamillatus, Deluci, Inoceramus sulcatus, Terebratula Dutempleana.* Ce terrain est semblable au gault des Fiz; il a le facies alpin et se distingue de celui des Beauges dans lequel on trouve de nombreux nodules de phosphate de chaux. Ces observations rectifient les données recueillies par M. Lory et par M. A. Favre sur la géologie de cette montagne.

Les gisements de gault sont rares dans le Jura vaudois; on en connaît près de Vallorbe et au Pont, dans la partie nord de la vallée du lac de Joux et dans le vallon de l'Auberson près de Sainte-Croix, où ce terrain est assez étendu et fossilifère. M. Bourgeois a découvert au Campe près du Brassus, dans la partie sud de la vallée du lac de Joux, dans un sable marneux, un nouveau gisement de

[1] Lory, Note sur un gisement de poissons fossiles dans les marnes aptiennes de Rosans (Hautes-Alpes). *Bull. Soc. géol.*, 1879, VII, 677.

[2] Villot, Gisement aptien de poissons fossiles dans le Vaucluse, *Bull. Soc. géol.*, 1881, IX, 384.

[3] Hollande, Excursion au Grand-Carre ou Mont-Charvin. *Rev. Savois.*, 1881, 30.

fossiles qui ont été déterminés par M. Renevier[1]. Ce sont :

Ammonites inflatus Sow., Turrilites Puzosianus d'Orb., Avellana incrassata Sow., Solarium cirroide Brongn., *Aporrhais obtusa Pict. et C. *Panopæa acutisulcata d'Orb., Cardita Constanti d'Orb., Arca obesa Pict. et R., Arca carinata Sow., *Nucula pectinata Sow., *Terebratula Dutempleana d'Orb., Rhynchonella Deluci Pict.

Les 4 espèces marquées d'une *, caractérisent plutôt l'albien, les autres sont des types vraconniens, fait d'autant plus intéressant que le gisement de Vraconne, près de Sainte-Croix, était jusqu'ici unique de son espèce dans le Jura suisse.

M. Gilliéron[2] a combattu l'opinion de M. Vacek qui rapporte aux terrains tithonique et crétacé inférieur les schistes rouges du Simmenthal (Rev. pour 1880, 231) ; il a démontré par la coupe du Stockhorn que ces schistes sont supérieurs au terrain néocomien.

Les recherches de M. Lory[3] sur le terrain crétacé dans l'Isère lui ont fait reconnaître depuis longtemps la craie à *Belemnitella mucronata* aux environs de Grenoble et en Savoie, ainsi que la craie glauconieuse aux environs de Villars de Lans. Entre ces deux horizons se trouve une épaisseur de 100 mètres de calcaires en dalles minces, nommés *lauzes,* qu'il avait rapportés au terrain turonien. La découverte récente dans ces assises de la *Belemnitella mucronata* indique qu'il faut les attribuer encore à la

[1] E. Renevier, Nouveau gisement de gault dans le Jura vaudois. *Bull. Soc. vaud.*, 1881, XVII, 547.

[2] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1881, VI, 285. Lisez (p. 286, l. 7), *combattu* au lieu de *appuyé*.

[3] Lory, Note sur le terrain crétacé supérieur de l'Isère. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1881, IX.—*Actes Soc. helv. des Sc. nat.*, 1880, 50.

craie blanche. Près de Grenoble elles reposent directement sur le gault et il y a entre ces deux formations une lacune considérable; à Villars de Lans, la craie glauconieuse vient s'intercaler entre elles, mais il n'y a pas de traces de l'étage turonien. En avançant vers le sud dans la Drôme, on trouve des modifications importantes dans la disposition des terrains crétacés par suite de la disparition des couches sénoniennes. A Méaudre (Isère) elles sont surmontées par des calcaires à orbitoïdes dont une espèce paraît identique à l'*O. media* d'Arch. et dans lesquels M. Lory a trouvé récemment l'*Ostrea larva*, Lam., et l'*Otostoma ponticum* d'Arch. Ces trois espèces existent dans l'assise supérieure de la craie des Charentes.

Terrains cénozoïques.

T. TERTIAIRE. M. BACHMANN [1] a résumé les observations faites par M. Quiquerez sur l'origine des dépôts sidérolithiques dans la vallée de Delémont. Ce savant confirme l'opinion de Gressly qui en attribuait la formation à des sources chaudes, à une époque antérieure à celle de la mollasse d'eau douce inférieure. De grandes érosions en ont détruit plus tard une partie.

Les recherches récentes faites dans la stratigraphie des terrains tertiaires de l'Europe centrale ont convaincu M. CARL MAYER [2] que les eaux avaient, à l'époque tortonienne, un écoulement très différent de celui qu'elles ont aujourd'hui. Non seulement les fleuves subalpins suisses du Rhône au Rhin s'écoulaient à travers le Jura,

[1] J. Bachmann, Notizen über die Entstehung der Bohnerzlager im Delsbergthale. *Mittheil. naturf. Ges. Bern*, 1880, 22.

[2] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1881, VI, 297.

comme cet auteur l'a démontré antérieurement, mais le Danube, l'Inn et l'Isar prenaient alors la même direction. Nous nous bornons à mentionner cette hypothèse dont la démonstration a été faite dans les *Archives.*

Diverses publications ont fait connaître les terrains tertiaires qui s'étendent dans le sud de l'Allemagne entre le Rhin et le Danube, et qui appartiennent à la partie subjurassienne du bassin tertiaire de cette région ; ce sont des calcaires coquilliers marins, la nagelfluh jurassienne et aussi des dépôts d'eau douce, calcaires lacustres et marnes à *Helix;* mais ils n'avaient pas été étudiés dans le canton de Schaffhouse qui fait partie du même bassin ; M. Schalch [1] en a fait l'objet d'un mémoire spécial. Il a reconnu sur les calcaires jurassiques supérieurs, dans les environs de Stetten, Lohn et Büttenhardt, la présence de couches tertiaires marines dont il donne une série de coupes et une description détaillée. Ce sont des sables et des conglomérats ; les cailloux de quartzite y sont très abondants et l'on n'y trouve presque aucune des espèces de roches caractéristiques de la nagelfluh polygénique de la Suisse ; quelques roches paraissent provenir de la Forêt-Noire. Les fossiles qui y sont contenus appartiennent à la mollasse marine et spécialement au grès coquillier ou helvétien moyen ; les dents de poissons (*Lamna cuspidata* Ag., *lineata* Pr., *reticulata* Pr., *rigida* Pr. etc.), y sont communes, ainsi que les huîtres (*Ostrea arenicola* May., *argoviana* May., etc.). Ces couches sont surmontées en plusieurs points d'une formation saumâtre dans laquelle se trouve un mélange de coquilles

[1] F. Schalch, Ueber einige Tertiärbildungen der Umgebung von Schaffhausen. *Neu. Jahrb.*, 1881, II, 42.

marines et d'eau douce (*Cardium sociale* Kr., *Melania Escheri* Brg., *Dreissena clavœformis* Kr.), et qui est l'équivalent des couches à *Dreissena* de Kirchberg. Cet horizon se prolonge le long de l'Alb de Souabe jusqu'aux environs d'Ulm. Il est recouvert, ainsi que le montrent les excellentes coupes données par M. Schalch, par la nagelfluh jurassienne dont les cailloux sont presque tous jurassiques ou triasiques et proviennent du Jura suisse; la roche en ressemble beaucoup à celle des couches précédentes. Elle représente un facies de la mollasse d'eau douce supérieure particulier au pied du Jura; ses relations avec les couches à *Dreissena* n'avaient pas encore été constatées; mais sa superposition aux marnes à *Helix* qui surmontent elles-mêmes la mollasse marine sur le plateau du Randen, a déjà été souvent observée et l'on peut sans aucun doute la classer dans le miocène supérieur.

T. QUATERNAIRE. M. TARAMELLI[1] a attiré l'attention sur de puissants dépôts quaternaires qu'il a observés sur le versant méridional des Alpes et qu'il rapporte à des éboulements de l'époque postglaciaire, datant du commencement de la période des terrasses. Il signale l'importance de ces phénomènes et les indique dans un grand nombre de vallées, du Frioul jusque dans le Tessin. Après avoir constaté que les phénomènes volcaniques ont beaucoup diminué d'importance en Italie dans la période quaternaire et que la fin de l'époque glaciaire coïncide avec des oscillations considérables du sol de la péninsule, il émet l'hypothèse que le commencement de l'époque des terrasses a peut-être été marqué par une activité séis-

[1] Taramelli, Di alcuni scoscendimenti postglaciali sulle Alpi meridionali. *Rendic. del R. Istit. lombardo*, 1881, XIV.

mique extraordinaire et que la cause de ces grands éboulements pourrait se trouver dans ces ébranlements du sol.

M. Rothpletz [1] a communiqué à la Société helvétique des sciences naturelles le résultat de ses recherches sur les faunes pleistocènes de l'Europe. Ces considérations sont tirées d'un mémoire de ce savant [2] sur le diluvium des environs de Paris, mémoire dans lequel sont consignés des faits nombreux relatifs à la géologie de notre pays.

A propos des différences de niveaux dans le diluvium inférieur du bassin de Paris (diluvium gris), que l'auteur rapporte à la période interglaciaire, il admet qu'il y a eu dans la période quaternaire de grands mouvements du sol. Il en cite pour exemple la formation du bassin du lac de Zurich. On y observe un grand pli synclinal des couches tertiaires, qui plongent au nord dans la vallée de la Limmat, au sud en aval du lac, et qui sont horizontales à Zurich même. En aval du lac, entre Dietikon et Würenlos, M. Rothpletz a observé une ancienne terrasse, inférieure au diluvium de la deuxième époque glaciaire et contenant beaucoup de granit de Pontaiglas. Cette terrasse a dû être déposée par le Rhin, quand il passait encore par le lac de Wallenstatt ; mais au lieu de rester parallèle au cours actuel de la Limmat, elle est horizontale et même s'élève dans la direction d'aval, de manière à prendre une hauteur de plus en plus grande au-dessus du niveau de

[1] Rothpletz, Sur le pleistocène de l'Europe centrale. *Archives*, 1881, VI, 274.

[2] Rothpletz, Das Diluvium um Paris und seine Stellung im Pleistocän. *Denkschr. d. schw. Gesellsch. für gesammte Naturwiss.*, 1881, XXVIII.

l'eau. Cette disposition est due à un mouvement du sol, soulèvement au nord, près de Baden, ou affaissement au sud, près de Zurich, qui a naturellement agi sur les couches tertiaires et auquel l'auteur attribue la formation du bassin du lac, qui coïnciderait ainsi avec la deuxième période glaciaire.

Le diluvium moyen du bassin de Paris (argile à silex et à meulières, argile à silex, limon à cailloux anguleux, diluvium rouge, Héb.), est rapporté par lui à un ancien glacier qui aurait couvert tout le nord de la France et qui aurait pris naissance dans les divers massifs montagneux qui entourent ce bassin. Il appartient à la deuxième époque glaciaire dont on a constaté les traces dans le sud de l'Angleterre, de la France et en Italie.

Le diluvium supérieur a une origine terrestre et fluviatile et correspond aux dépôts postglaciaires pleistocènes des contrées environnantes.

Après une description détaillée de ces terrains, l'auteur établit une comparaison avec les terrains pleistocènes des diverses parties de l'Europe. En Suisse il admet, comme Heer, l'existence de deux périodes glaciaires, séparées par une période interglaciaire ayant une faune et une flore distinctes. Il y a quelque incertitude sur l'époque à laquelle appartiennent les ossements de mammouth ; cependant, comme ils datent en Angleterre et dans le nord de l'Allemagne, de l'époque interglaciaire et du commencement de la seconde époque glaciaire, il est probable qu'il en est de même en Suisse.

Les recherches de l'auteur dans le bassin du lac de Genève l'ont conduit à admettre aussi dans cette région l'existence de deux périodes glaciaires. Il rappelle les observations de Morlot sur la vallée de la Dranse (Rev.

pour 1877, p. 212) et il s'est convaincu par un examen personnel que la superposition de l'alluvion ancienne au terrain glaciaire est dans cette vallée un fait beaucoup plus général que cela n'a encore été indiqué. Il l'a observée entre autres sur un grand espace le long de la descente de la route de Thonon à Féterne [1].

L'alluvion ancienne est pour M. Rothpletz le représentant de l'époque interglaciaire. L'auteur conteste l'origine que j'ai assignée à cette formation (Rev. pour 1876, 160) et il estime qu'il doit s'être écoulé un espace de temps considérable entre son dépôt et celui de la seconde époque glaciaire [2]; la durée en est indiquée par des dépôts de lignite et les érosions subies par cette alluvion. Le transport des cailloux du Valais en aval du lac s'explique, d'après lui, par le fait qu'à cette époque la dépression du lac n'existait pas, et que ces matériaux ont été charriés par le Rhône; les hauteurs très diverses auxquelles on trouve ces alluvions aux environs de Genève, 80^m au-dessus du niveau du lac près de cette ville, 200^m à la Côte, sont dues à des dislocations qui ont

[1] J'ai examiné aussi antérieurement ce gisement avec M. A. Favre; il nous a paru que sous l'alluvion des terrasses au point où commence la descente qui forme le sol du plateau, il y a une masse puissante de terrain glaciaire à blocs erratiques et cailloux striés, au milieu de laquelle se trouvent quelques dépôts locaux de cailloux roulés; nous avons rapporté toute cette formation au terrain glaciaire proprement dit; mais nous n'avons pas cru pouvoir en attribuer une partie à l'alluvion ancienne.

[2] L'auteur dit n'avoir trouvé aucun caillou strié dans l'alluvion ancienne à Mategnin. Ces cailloux y sont cependant très abondants dans un angle de la carrière, où j'en ai recueilli un grand nombre en place hors de l'atteinte des outils des ouvriers. La théorie de M. Rothpletz est en contradiction avec ce fait; avec l'intercalation de terrain glaciaire dans l'alluvion ancienne au Bois de la Bâtie et avec le fait que les cailloux de cette alluvion restent de la même grosseur, à quelque distance des Alpes qu'ils soient déposés.

produit là des soulèvements, et dans le bassin même du lac des affaissements; ces mouvements du sol dateraient de la seconde période glaciaire. L'auteur les indique sans cependant fournir aucune observation stratigraphique comme preuve à l'appui de l'existence de ces dénivellations qui ont dû atteindre quelques centaines de mètres. M. Rothpletz dit avoir constaté l'existence d'alluvions du lac à l'époque postglaciaire jusqu'à 135^{m} au-dessus de son niveau actuel; un ancien delta de l'Aubonne dans le lac se trouve à cette hauteur qui est aussi celle où M. de la Harpe a reconnu à Lausanne un dépôt lacustre (Rev. pour 1876, 161). Les restes de mammouth dans le bassin du Rhône proviennent de l'alluvion ancienne, du terrain glaciaire ou de gisements secondaires; les recherches de MM. Falsan et Chantre indiquent aussi que cet animal n'a pas survécu dans cette région à la première moitié de la seconde époque glaciaire.

M. Rothpletz a pris dans l'Allemagne méridionale et le nord de la Suisse, plusieurs coupes qu'il résume de la manière suivante : les graviers inférieurs de Saint-Jacques, près Bâle, les dépôts de cailloux de l'Alb, à Cannstatt datent de la première époque glaciaire, ainsi que la partie inférieure des sables de Maur et de Mosbach; la couche de lehm de Saint-Jacques, le banc de charbon de Steinbach, les sables supérieurs de Mosbach et de Maur, le lehm inférieur et le tuf calcaire de Cannstatt datent de la période interglaciaire. Les graviers supérieurs de Saint-Jacques, ainsi que les dépôts de lœss avec les restes de mammifères marquent la seconde époque glaciaire, qui atteint son point culminant au moment du dépôt de lœss sans fossiles [1].

[1] Voyez la coupe de ces terrains aux environs de Bâle, *Revue pour 1879*, 226.

Dans la seconde époque glaciaire, beaucoup plus froide que la première, les glaciers ont eu aussi une extension bien plus considérable. On trouve des traces certaines de l'existence de l'homme à l'époque interglaciaire, en Allemagne, en Belgique, en Angleterre, en France et en Suisse. Les observations de l'auteur sont basées sur de nombreuses considérations relatives à la faune et à la flore de ces divers terrains, considérations qui ont été résumées par lui-même dans les *Archives* (*loc. cit.*) de sorte que nous n'avons pas à y revenir.

Terrain glaciaire. M. J. Bachmann[1] a signalé des morceaux de bois silicifiés trouvés à divers endroits dans le terrain glaciaire; le premier exemplaire a été signalé par M. Studer, en 1825; mais des découvertes récentes, spécialement celle d'un tronc de 2^m de long au Længenberg sont venus donner un nouvel intérêt à ces faits. Leur origine est difficile à comprendre; ces bois sont trop peu altérés pour pouvoir provenir de lignites qui se seraient ensuite silicifiées. Ils datent peut-être de l'époque miocène et auraient pu être silicifiés à cette époque, puis enveloppés et repris par le glacier.

L'abaissement des eaux du lac de Neuchâtel a mis à découvert entre Marin et Préfargier, un amas considérable de blocs erratiques de poudingue de Valorsine, d'euphotide, d'arkésine, etc., dont M. Bachelin[2] a donné un dessin.

M. A. Jaccard[3] a préparé un essai de figuré de l'an-

[1] I. Bachmann, Verwerfungen in einer Kiesgrube bei Bern, und neu entdeckte verkieselte Hölzer in Gletscherschutt. *Mittheil. naturf. Ges. Bern*, 1880, 79.

[2] *Rameau de sapin*, 1880, 46; 1881, 12.

[3] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1881, VI, 287. — *Bullet. Soc. d. Sc. nat. Neuchâtel*, 1881, XII, 281.

cienne extension des glaciers dans le Jura par le procédé adopté par MM. Falsan et Chantre, en insistant sur les avantages de ce système.

M. Rolle [1] a donné des renseignements sur le terrain glaciaire des bassins de la Maïra et du Tessin.

Glaciers actuels. M. le professeur Rutimeyer [2] a fait l'historique des recherches relatives aux glaciers, exécutées en Suisse jusqu'à aujourd'hui. Avant le XVIIIme siècle, ils sont à peine mentionnés. Ils éveillèrent l'attention de Scheuchzer (1702-1710), Hottinger (1703) et Altmann (1750), mais ils étaient encore si peu connus que, peu après, Christen les décrit comme faisant partie d'une vaste mer glaciale qui se trouve dans les Alpes de la Suisse et qui auraient une circonférence de 500 milles et au Grimsel une profondeur de 1500 toises. Vers la fin du siècle, plusieurs observateurs vinrent modifier cette opinion et, avec de Saussure, l'étude des glaciers entra dans le domaine scientifique pour prendre ensuite un développement de plus en plus grand, auquel contribuèrent un très grand nombre de naturalistes. Cet historique se termine avec le compte rendu du travail de M. Gosset sur le glacier du Rhône, qui constitue l'étude la plus détaillée et la plus exacte qui ait jamais été faite d'un glacier. M. Rutimeyer a consacré une notice spéciale [3] aux résultats déjà obtenus par ce travail. Ces recherches ont fourni : 1° une connaissance topographique parfaitement exacte de ce grand glacier dont l'étude était sous tous les

[1] Das sudwestliche Graubünden....., 22.

[2] Rutimeyer, Ein Blick auf die Geschichte der Gletscher-Studien in der Schweiz. *Jahrb. des S. A. C.*, 1881, 377.

[3] Rutimeyer, Die Hauptresultate der Rhonegletscher-Vermessung..... *Jahrb. des S. A. C.*, 1881, 419.

rapports la plus favorable à cause de son histoire, de sa conformation actuelle et des études dont il a déjà été l'objet. Le relevé à l'échelle de 1 : 5000 a permis de constater tous les détails de sa conformation et d'en dessiner la plus grande partie, de sorte que la science possède maintenant un plan géométrique d'un grand glacier de premier ordre; 2° des données exactes sur ses mouvements; 4 rangées de pierres de diverses couleurs ont été placées en 1874, à sa surface, et leur position a été relevée chaque année avec la plus grande précision, indiquant ainsi la marche générale du glacier, la direction des mouvements dans les diverses parties, leur rapidité et l'ablation. Ces observations ont prouvé que le glacier chemine beaucoup plus rapidement dans la partie supérieure (600^m-680^m depuis 1874), que vers l'extrémité où le progrès n'a été que de 150^m au-dessous de la cascade de glace; que l'ablation, nulle dans le haut, est très forte dans le bas; que la différence dans la marche de la partie centrale et des parties latérales du glacier est beaucoup plus forte dans la première partie.

M. Stoppani[1] a publié, sur le retrait des glaciers des Alpes, une note préliminaire qui sera suivie d'un mémoire détaillé. Il l'a constaté dans les Alpes suisses, italiennes, tyroliennes, et a pris de nombreuses mesures. Pour le retrait beaucoup d'entre eux ont varié de 500 à 1000^m, l'ablation de 60 à 100^m ou même davantage. De petites cartes représentent l'état à diverses époques des glaciers de Mandron dans le Tyrol et de Macugnaga. Ce retrait est surtout frappant dans l'Engadine et dans

[1] Stoppani, Sull' attuale regresso dei Ghiacchiai nelle Alpi. *Mem. R. Accad. dei Lincei*, 1882.

la vallée de Chamonix. Les causes des oscillations sont certainement météorologiques. M. Stoppani a montré qu'il ne faut pas les chercher spécialement dans les modifications de la température ou dans les variations de l'humidité atmosphérique, mais il pense que la cause principale est la chute de la neige. Seulement il y a une très grande difficulté à l'estimer, les observatoires situés dans les plaines ne fournissant à cet égard que des données très incomplètes et ceux des montagnes étant de création trop récente. L'auteur a fait calculer, d'après les registres de l'observatoire de Milan, le nombre de jours pendant lesquels on a vu tomber chaque année de la neige sur les Alpes, de 1763 à 1876, et la température moyenne annuelle. Ce dernier chiffre n'a pas présenté de variations sensibles; mais le premier présente de grandes différences. De 1767 à 1816, période de progrès, le nombre annuel des jours de neige a été de 243; de 1857 à 1876, période de retrait, il a été de 156, ce qui donne une différence de 87 jours par année.

Nous nous bornons à signaler ici les deux notices de M. F.-A. Forel [1] sur les causes des variations des glaciers qui ont paru dans les *Archives;* la seconde est surtout consacrée à étudier les effets des variations de l'ablation.

Le même auteur [2] a commencé à recueillir des documents sur les variations périodiques des glaciers des Alpes. Après quelques remarques générales, il établit qu'il y a des phases plus ou moins longues pendant les-

[1] F.-A. Forel, Essai sur les variations périodiques des glaciers, *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1881, VI, 5, 448.

[2] F.-A. Forel, Les variations périodiques des glaciers des Alpes, *Écho des Alpes*, 1881, XVII, 20.

quelles un glacier quelconque progresse ou diminue, que cette phase s'étend, sauf quelques phénomènes locaux, à l'ensemble des glaciers; c'est ainsi que celui du Rhône, par exemple, se retire d'une manière continue depuis 24 ans, et qu'en 1880, tous ceux des Alpes reculaient, tandis qu'en 1818, ils étaient tous en progression. Il y a cependant des exceptions, telles que celle du glacier de l'Unteraar, qui était en progrès en 1870, et celle des glaciers des Bossons et du Trient qui étaient en progrès en 1880, exceptions qui proviennent de ce que, par suite de circonstances locales, ils subissent plus rapidement ou plus lentement que les autres, les influences qui agissent sur eux; l'épaisseur varie en même temps que la longueur.

M. Forel pense que le facteur déterminant dans les variations de grandeur des glaciers est la vitesse d'écoulement de la glace et non l'ablation; quand cette vitesse est plus forte que la normale, le glacier augmente de volume, quand elle est plus faible, il diminue. Il y aurait un nombre infini d'observations à faire sur ces variations, leurs rapports avec la météorologie et avec les circonstances locales dans lesquelles chacun d'eux se trouve, et il y a là une riche moisson de recherches pour les membres des Clubs alpins. L'auteur publie les notes et observations qu'il a pu recueillir sur les divers glaciers de la Suisse pendant l'année 1880, en citant les noms des observateurs qui lui ont fourni des documents. D'après ces indications, la grande généralité des glaciers des Alpes suisses est actuellement en retraite, le dernier qui ait commencé ce mouvement est celui de l'Unteraar (en 1871): de 1872 à 1875, tous étaient en retraite. A partir de cette date, plusieurs glaciers du bassin du Rhône ont commencé un mouvement de progression.

M. Ch. DUFOUR[1] a démontré que le retrait des glaciers est un phénomène général en Europe et qu'il s'étend aussi au Grœnland et au Spitzberg. Il faut donc le rapporter à des causes générales, et ne pas l'attribuer seulement aux causes météorologiques de ces dernières années.

M. V. PAYOT[2] a continué ses observations sur les oscillations des glaciers de la vallée de Chamonix. Il a constaté sur celui des Bossons une tendance prononcée à l'avancement de l'extrémité, tendance qui coïncide avec les phénomènes observés dans les hautes régions. Le front de ce glacier a avancé de 32^{m} d'octobre 1879 à octobre 1880; son côté droit a augmenté, tandis que le côté gauche, ayant d'abord augmenté, a ensuite subi un retrait. Le glacier des Bois s'est un peu retiré, celui d'Argentière a reculé de 40^{m} du 28 juin au 15 novembre; celui du Tour s'est maintenu dans les mêmes limites.

M. F. BECKER[3] a pris des mesures sur la diminution de plusieurs glaciers des Alpes bernoises. Il estime le retrait, à partir des moraines les plus récentes, datant probablement des années 1840 à 1860 aux chiffres suivants, la deuxième colonne indiquant la hauteur actuelle de leur extrémité au-dessus de la mer :

Glacier de l'Unteraar...	40^{m}	1879^{m}
» de l'Oberaar ...	130	2243
» du Gries	600	2045
» de Munster.....	650	2275
» du Rhône......	1100	1777

[1] Ch. Dufour, Retrait des glaciers européens. *Bull. Soc. vaud.*, 1881, XVII, 422.

[2] V. Payot, Observations sur l'oscillation des glaciers de la vallée de Chamonix. *Annuaire du Club alp. fr.*, 1880, VII, 589.

[3] F. Becker, Vom Unteraargletscher, *Jahrb. des S. A. C.*, 1881, XVI, 529.

Ces grandes différences proviennent de causes diverses, telles que la grandeur même du glacier, celle des réservoirs, la hauteur, etc. L'ablation a aussi été très considérable.

Terrains récents. M. BACHMANN[1] a attiré l'attention sur un phénomène singulier, observé dans une gravière des environs de Berne, sur la route de Köniz, au-dessous du domaine de Belmont, sur la rive droite du Sulgenbach. Elle est creusée dans une terrasse déposée à l'intérieur de la grande moraine terminale du glacier de l'Aar, et elle est formée, soit de glaciaire remanié, soit des alluvions de la rivière. Le gravier est mêlé d'éléments plus fins, sable et argile. On y remarque une série de fissures et de failles distantes de $0^m,5$ à 1^m, souvent déplacées horizontalement et remplies de sable et de gravier tombés de leurs bords. Elles sont analogues à celles que l'auteur a observées dans la mollasse[2] et paraissent résulter des anciennes érosions du Sulgenbach qui, en entraînant une partie de cette terrasse, a enlevé à ces matériaux leur point d'appui naturel, et permis ces mouvements dans un sol désagrégé.

M. J. COAZ[3] a donné une description de l'Illgraben, vallée profonde qui débouche dans le Valais, en face de Louèche, et qui a la forme d'un vaste entonnoir. Le torrent a déposé un grand cône d'alluvions qui a modifié le cours du Rhône. Cette vallée a été anciennement le théâtre d'éboulements considérables; la nature et la disposition des roches qui la constituent sont favorables aux érosions;

[1] I. Bachmann, Verwerfungen in einer Kiesgrube.....

[2] *Mittheil. naturf. Ges. Bern.*, 1874, 150.

[3] Coaz, Der Illgraben gegenüber Leuk im Wallis. *Mittheil. naturf. Ges. Bern*, 1881, 101.

ce sont des cargneules, des gypses, le calcaire de Pontis et des quartzites.

M. STAPFF[1] a noté des particularités intéressantes sur des modifications survenues dans le régime de certains lacs du Gothard. Le Val Piora, dans lequel se trouve le lac Cadagno, est dominé par un escarpement très abrupt, formé de couches plongeant au nord vers le Val Cadlino et au sommet duquel existe le petit lac de Stabio di Fore qui se déversait dans cette dernière vallée. Cette haute paroi a été rongée jusqu'au bord du lac qui s'écoule maintenant dans le Val Piora. Le même phénomène s'est produit pour plusieurs lacs disposés de la même manière. Leurs bassins en entonnoirs situés près de la crête de la chaîne ont été entamés par l'érosion qui agit sur les têtes de couches dénudées et la ligne de partage des eaux est ainsi modifiée, de sorte que leur écoulement a lieu en sens contraire de ce qu'il était précédemment.

M. Baltzer a combattu la théorie qui attribue l'origine des marmites de géants aux glaciers (Rev. pour 1880, 253) en constatant qu'il n'en a jamais vu sur un terrain récemment abandonné par la glace; mais M. BERENDT[2] qui a fait l'étude de ces excavations dans l'Allemagne du nord, en a reconnu deux au pied même du glacier de Rosenlaui, dans l'Oberland bernois, sur un point d'où le glacier s'est retiré il y a peu d'années; leurs ouvertures circulaires ont $0^m,80$ et $1^m,20$ de diamètre. Des dessins, donnés par l'auteur, montrent l'état du glacier en 1860 et 1880. L'argument principal de M. Balt-

[1] Stapff, Ueber Veränderungen im Abfluss von Seen. *Neues Jahrbuch für Miner.*, 1882, I, 110.

[2] G. Berendt, Zur Entstehung von Riesentöpfen. *Neues Jahrb.*, 1881, II, 121.

zer est ainsi détruit; on observerait certainement plus fréquemment ces marmites de géants si elles ne disparaissaient pas sous des amas de sable et de cailloux. M. Berendt pense qu'elles sont dues aux eaux qui se précipitent de la surface dans la profondeur du glacier ainsi que l'ont admis déjà plusieurs auteurs.

Éboulements. M. Heim[1] a étudié à un point de vue général la nature des éboulements. Il en distingue deux catégories principales : les éboulements de terrain meuble et ceux de roches en place. Parmi les premiers, il reconnaît d'abord ceux qui ont été produits par glissement; il en cite de nombreux exemples tirés de l'histoire des Alpes suisses, et attire surtout l'attention sur le village de Fetan, dans l'Engadine, dont les terrains environnants s'éboulent peu à peu, et qui est dans une situation des plus critiques. Il indique ensuite ceux qui sont produits par des matériaux roulants, et décrit celui de Bilten, dans le canton de Glaris (29 avril 1868). Parmi les éboulements de roches en place, on distingue aussi ceux qui se produisent par glissement, tel que celui du Rossberg qui ensevelit Goldau le 2 septembre 1806, et les chutes de rochers ou de fragments plus ou moins considérables de montagne. C'est à cette dernière catégorie qu'il faut attribuer la plupart des éboulements importants survenus dans notre pays, dont plusieurs ont causé d'immenses dégats. L'auteur donne un catalogue des principaux d'entre eux, depuis celui du 13 juin 1486 qui détruisit Zarera, dans la vallée de Poschiavo, jusqu'à celui d'Elm. Toutefois, un grand nombre sont formés

[1] Heim, Ueber Bergstürze. *Neujahrsbl. der Zürch. naturf. Ges.*, 1882.

par la combinaison de ces divers types, celui de Brienz, dans les Grisons (1878-1880), celui de Vitznau, sur le Righi (1879); d'autres (courants de boue, affaissements), ne peuvent trouver place dans cette classification. Dans la plupart des cas, le départ de ces masses qui forment des amas si considérables dans les vallées, modifient à peine le relief des montagnes, dont elles ne constituent qu'une partie infiniment petite.

L'étude attentive de ces phénomènes est de la plus grande importance pour prévenir les catastrophes. M. Heim résume enfin les causes qui les produisent et présente quelques considérations sur les modifications qu'ils font subir au relief des montagnes et des vallées. De nombreuses figures accompagnent ce mémoire.

MM. Buss et Heim [1] ont donné une description détaillée de l'éboulement du Risikopf qui a enseveli, le 11 septembre 1881, le village d'Elm; ils ont décrit les causes et les conséquences de cet événement et ont joint à ce travail un grand nombre de cartes et de vues. Toute la partie scientifique de ce travail a été résumée dans les *Archives* [2].

M. Ph. Godet [3] a décrit en quelques pages les principaux éboulements survenus en Suisse depuis celui de Tauretunum, en 563, le plus ancien dont l'histoire a conservé le souvenir :

563, Tauretunum, dans le Valais. — 3 mars 1435, affaissement de Zug dans le lac. — 15 ..., Éboulement du Brunig enterrant

[1] Buss et Heim, Der Bergsturz von Elm den 11 September 1881. Zurich, 1881.

[2] Heim, L'éboulement d'Elm. *Archives*, 1882, VII, 52.

[3] Ph. Godet, Ce qu'ont fait les Alpes. *Suisse libérale* et *à part*, 1881.

Kienholz. — 1512, Éboulement à Biasca, dans le Tessin. — 1538, à Ardenne, dans la Valteline.—4 mars 1584, Éboulement des Tours d'Aï, enterrant Corbeyrier et Yvorne. — 1593, Éboulement du Glærnisch menaçant Glaris. — 1597, Éboulement du Simplon. — 4 juin 1595, Éboulement du glacier de Bagnes. — 30 août 1618, Éboulement du Conto enterrant Plurs près de Chiavenna. — 31 janvier 1635, Éboulement à Salvan. — 23 septembre 1714, Éboulement des Diablerets. — 1725, Éboulement à Bilten (Glaris). — 1749, Nouvel éboulement des Diablerets. — 16 juillet 1795, Éboulement du Righi enterrant Weggis. — 2 septembre 1806, Éboulement du Rossberg enterrant Goldau. — 16 juin 1818, Débâcle de Bagnes.— 27 décembre 1818, Éboulement du glacier de Randa (Valais).

Érosion. M. F. Cuvier [1] ne pense pas que l'on puisse attribuer à l'érosion une puissance aussi grande que celle qui lui a été assignée récemment par plusieurs savants. C'est bien à elle que sont dus les affouillements dans les alluvions, dans certaines roches tertiaires telles que les mollasses, et dans les calcaires crayeux jurassiques ou crétacés, dont le cours du Rhône au pont de Grésin (Ain) et à Bellegarde offrent de curieux exemples; mais en dehors de ces cas généraux, il n'admet pas que les cours d'eau aient entamé d'une manière sensible les roches sur lesquelles elles ont coulé; on a souvent exagéré leur puissance en leur attribuant la formation des vallées ou d'écluses, dues en réalité à la présence de failles ou de cassures. Sa démonstration s'appuie sur des observations faites dans les grottes d'Arcy-sur-Eure (Yonne) et de la Balme (Isère), les rives du Rhône au Fort de l'Écluse et au Sault-du-Rhône (Ain), les gorges du Fier près d'Annecy, etc. Elle est donc en opposition avec la théorie de MM. Rutimeyer, Tietze, Heim et d'autres observateurs, dont nous avons rendu compte dans ces dernières années.

[1] F. Cuvier, Sur l'érosion des roches par les cours d'eau. *Bull. Soc. géol.*, 1880, VIII, 163.

M. A. Bodmer[1] a publié un extrait de son mémoire sur les terrasses et la formation des vallées de la Suisse (Rev. pour 1880, 171).

Faune et flore quaternaires. M. Nathorst[2] a déjà publié ses découvertes de plantes fossiles dans le terrain glaciaire, en Angleterre, en Suisse, en Allemagne et en Scandinavie (Rev. pour 1874, 54); il a fait depuis lors de nouvelles trouvailles. En Suisse, il a recueilli à Hedingen, au sud de Zurich, dans des argiles glaciaires : *Salix* sp., *S. herbacea* L., *Betula nana* L., *Dryas octopetala* L., *Myriophyllum*, *Potamogeton* et les hélitres du *Carabus silvestris.* En examinant avec M. Mühlberg les tourbières des environs de Sempach, il a trouvé à l'est de Seewagen une feuille de *Betula nana* et des restes de *Salix* sp. M. Schröter a aussi reconnu le *Betula nana* à Bonstetten, Schönenberg et Frauenfeld.

Les plantes des terrains glaciaires de l'Europe appartiennent, d'après l'auteur, à deux flores, l'une plus ancienne, avec *Dryas, Salix reticulata, Betula nana,* etc., est arctique, l'autre subarctique avec *Betula nana, B. odorata, Salix arbuscula;* le *Betula verrucosa* apparaîtrait immédiatement sous la tourbe.

Stations lacustres. M. Modoux[3] a signalé de nouvelles stations lacustres dans le lac de Morat, et M. Keller[4] a fait connaître quelques trouvailles intéressantes provenant de palafittes. Il a décrit et figuré divers ornements

[1] Bodmer, Terrassen und Thalstufen der Schweiz. *Vierteljahrschr. naturf. Ges. Zurich,* 1880, XXV, 533.

[2] Nathorst, Ueber neue Funde von fossilen Glacialpflanzen. *Engler's Botan. Jahrb.*, 1881, I, 431.

[3] *Indic. d'antiq. Suisses*, 1881, 105.

[4] *Ibid.*, 133, 135.

de cette époque et indiqué l'emploi de l'étain dans cet art primitif. On lui doit aussi le dessin d'une hie, trouvée dans une station près de Boudry, lac de Neuchatel, et qui servait sans doute à enfoncer les pilotis; la hauteur en est de 1^m65, la base a 0^m95 de tour.

Le *Rameau de sapin* a figuré depuis quelques années de nombreux objets provenant des palafittes du lac de Neuchatel.

M. Fischer[1] a utilisé de précieux documents fournis par deux voyageurs qui ont parcouru l'Asie centrale pour éclaircir la question si controversée de l'origine des instruments de jadéite. Il y a maintenant encore en Birmanie des exploitations considérables de ce minéral, dont le prix est très élevé; il est en blocs roulés dans un terrain d'alluvions et il est répandu par le commerce dans une grande partie de l'Asie, ce qui explique comment les voyageurs ont pu en rapporter des lieux les plus divers. M. Fischer donne la description et l'analyse de plusieurs échantillons et les compare avec ceux qui ont été trouvés sur divers points des Alpes, et qui ont de l'analogie avec la jadéite; une roche du Mont-Viso, un caillou trouvé sur le bord du lac de Genève, à Ouchy, par M. Damour, une roche verte du Val d'Aoste, une autre provenant de Saint-Marcel, à l'est d'Aoste; la composition des deux premières est très voisine de celle de la jadéite, la densité du premier est la même (3,33), sa structure semblable à celle des jadéites d'Asie; c'est probablement un échantillon importé; la densité du second est un peu inférieure (3,17), sa structure différente, quoique l'analyse donne une composition identique; ce n'est pas une vraie

[1] Fischer, Ueber die mineralogisch-archæologischen Beziehungen zwischen Asien, Europa und Amerika. *Neu. Jahrb.*, 1881, II, 199.

jadéite; les deux dernières roches sont bien distinctes de cette espèce minérale. M. Fischer est donc confirmé dans la pensée que tous les instruments de jadéite trouvés en Europe proviennent de l'Asie et il arrive à la même conclusion pour les néphrites et les jadéites de l'Amérique.

Voici l'analyse du caillou trouvé à Ouchy par M. Damour.

Silice.............	56.45
Alumine	17.02
Oxyde de fer	7.62
Chaux.............	4.76
Magnésie	2.32
Soude	11.46
	99.63

La station lacustre de Gérofin sur les bords du lac de Bienne, qui date du commencement de l'époque du bronze, a fourni un nombre considérable d'objets en néphrite, en jadéite et en isocrase. Après en avoir énuméré quelques-unes, M. de Mortillet [1] admet que la jadéite doit être européenne, quoiqu'on n'en ait pas encore trouvé les gisements sur ce continent; les motifs qu'il allègue sont que les variétés de cette roche occupent des aires restreintes bien définies en dehors desquelles on n'en trouve pas et qu'elles sont généralement bien différentes des asiatiques. Pour la néphrite, matière beaucoup plus rare dans les stations lacustres, l'auteur penche plutôt pour les rapporter à une origine asiatique, cette roche étant tout à fait semblable à celle d'Asie et étant associée à des objets de bronze de cette provenance. Quant à l'isocrase (allochroïte ou erlanite) elle se rencontre dans les Alpes, entre

[1] G. de Mortillet, Importation de la néphrite et du bronze. *Matér. pour l'hist. de l'homme*, 1881, XVII, 257.

autres à Locana, dans le Piémont; les instruments de cette matière ont donc une origine européenne comme ceux de jadéite.

M. de Mortillet [1], a publié déjà en 1866, une classification des haches en bronze dans laquelle il rapportait ces formes très variées à cinq types bien définis et prouvait que les formes se modifient suivant les régions. Il a résumé ces caractères dans une note dans laquelle il étudie une question nouvelle, la variation des formes suivant l'âge. Les palafittes de la Suisse sont particulièrement propres à cette étude. Entre celles de l'âge de la pierre polie et celles du bronze se trouvent, quelques stations faisant transition (Meilen sur le lac de Zurich, Concise sur le lac de Neuchâtel, Morges sur le lac de Genève), dans lesquelles on a recueilli de rares haches de bronze; elles sont toutes à bords droits. Depuis lors les formes se sont modifiées, de sorte que les diverses époques sont caractérisées par des types bien définis dans les divers pays.

L'âge du bronze a dû être de très longue durée; on peut le diviser en deux époques distinctes; la première époque morgienne, caractérisée par les haches à bords droits, puis par les haches à talons; la seconde, époque larnaudienne, avec les haches à ailerons et à douilles. L'auteur ajoute des observations sur les caractères de l'industrie du bronze dans les divers pays.

M. E. de Fellenberg [2] a recueilli dans la station de Mœrigen une concrétion de silex, qui porte les traces

[1] G. de Mortillet, Classification et chronologie des haches en bronze. *Matér. pour l'hist. de l'homme*, 1880, XI, 441.

[2] E. de Fellenberg, Ueber eine Feuersteinconcretion. *Mittheil. naturf. Ges. Bern*, 1881, 10.

d'un travail humain. Des concrétions semblables ne se trouvant nulle part dans la contrée voisine, c'est une nouvelle preuve de l'importation de matériaux étrangers dans les stations lacustres.

M. Desor [1] a signalé la découverte de trois crânes lacustres dans la station de la Tène.

M. Th. Studer [2] a fait une étude comparative des diverses races de chiens trouvées dans les palafittes. Il distingue dans les stations de l'âge de la pierre une période plus ancienne dont celles de Chavannes, Concise, Robenhausen, Meilen, Moossedorf, sont des types connus; une période un peu plus récente est représentée par les stations de Lattrigen avec la station inférieure de Locras, et de Gérofin sur le lac de Bienne, de Greng sur le lac de Morat, dans lesquelles la civilisation a déjà fait quelques progrès; un nouveau degré se montre dans une deuxième palafitte de Locras, celle d'Auvernier, et celle de Sutz sur le lac de Bienne où se trouvent déjà quelques objets de cuivre et de bronze ; les débris d'animaux domestiques y sont plus communs ; parmi les animaux sauvages le *Bos primigenius* a presque disparu, le cerf, le castor, le sanglier sont abondants. Le cheval ne se montre qu'à l'époque du bronze (Mœrigen).

Les restes des chiens sont nombreux dans diverses stations ; la race la plus voisine du type des palafittes est le chien des Papous, *Canis Hiberniæ* à museau pointu, oreilles droites, courtes et pointues, jambes grêles, poils collants. Une autre race, le *Canis matris optimæ*, Jeitt., ne

[1] *Bull. Soc. Neuchâtel.*, 1881, XII, 194.

[2] Th. Studer, Beitrag zur Kenntniss der Hunderacen in den Pfahlbauten. Berne, 1881. — Extr. *Matér. pour l'hist. de l'homme*, 1880, XI, 132.

se trouve que dans les stations de l'âge du bronze ; il est de taille plus grande, le crâne est plus aplati. M. Studer décrit les ossements trouvés surtout à Lattrigen et à Locras ; les nombreuses modifications constatées surtout dans la forme du crâne lui font croire que la grande race du bronze a été produite par la petite race de l'âge de la pierre polie et que la race intermédiaire de la fin de cette période est une race de transition. Le chien, domestiqué de très bonne heure, a subi de ce fait des modifications importantes.

M. Vionnet[1] a signalé la découverte de fragments du bois de renne, de dents de cheval et de ruminants dans les graviers de la terrasse de Saint-Prex dans lesquels, une découverte semblable a déjà été faite antérieurement[2].

M. A. Vouga[3] a décrit et figuré neuf menhirs et pierres à écuelles qui se trouvent sur la côte occidentale du lac de Neuchâtel, du village de Bonvillars (Vaud), à celui de Bevaix (Neuchâtel), sur une ligne à peu près droite. Parmi eux se trouve la pierre à écuelles du Landeron déjà signalée (Rev. pour 1879, 85), puis figurée et décrite par M. Desor[4]. Elle a 6^m de longueur, 4 de largeur et 1^m,50 de hauteur et porte 85 impressions.

M. de Pury[5] a découvert au pied du Chasseral une pierre à écuelles de 2^m de longueur qu'il a fait placer au Jardin anglais à Neuchâtel.

[1] *Bull. Soc. vaud.*, 1881, XVII, p. L.

[2] *Bull. Soc. vaud.*, 1872, XII, 190, où l'indication de la terrasse du Boiron est une erreur. Celle-ci a fourni deux dents de mammouth.

[3] *Indicateur d'antiq. suisses*, 1881, 157.

[4] *Rameau de sapin*, 1880, 41.

[5] *Ibid.*, 1880, 28.

M. Piolti [1] a décrit et figuré des pierres à écuelles qu'il a reconnues parmi les blocs erratiques des moraines des environs de Rivoli. Ce sont les premières qui ont été trouvées sur le versant méridional des Alpes. Ces pierres sont au contraire abondantes sur le versant nord de cette chaîne.

[1] Piolti, Nota sopra alcune pietre a scodelle dell'anfiteatro morenico di Rivoli (Piemonte). *Atti della R. Accad. d. Sc. di Torino*, 1881, XVI, 1403.

LES OISEAUX JURASSIQUES ET LEURS AFFINITÉS [1]

PAR

M. O.-C. MARSH

(TRADUCTION)

Il y a environ vingt ans, l'on trouva dans les schistes lithographiques de Bavière deux fossiles très remarquables. L'un était le squelette de l'*Archæopteryx,* qui est maintenant au British Museum; l'autre était celui du *Compsognathus,* conservé dans le Musée royal de Munich. L'on avait déjà découvert auparavant, dans cette même localité, une plume isolée pour laquelle Hermann von Meyer avait créé le nom d'Archæopteryx. Plus récemment ces couches ont fourni un nouveau squelette du même animal qui se trouve maintenant dans le Musée de Berlin. Ces trois échantillons de l'Archæopteryx sont les seuls restes connus de ce genre, et le Compsognathus n'est représenté jusqu'à présent que par le seul squelette que nous venons de mentionner.

Lorsque ces deux animaux furent découverts, Wagner, qui décrivit le Compsognathus, les considéra l'un et l'autre, comme étant des reptiles, et cette manière de voir a été soutenue par différents auteurs, jusqu'à aujourd'hui.

[1] Jurassic Birds and their Allies. By Professor O.-C. Marsh. — *American Journal of science.* Vol. XXII. Nov. 1881.

Cependant, les naturalistes dont l'autorité a le plus de poids sont d'accord avec Owen pour admettre que l'Archæopteryx est un oiseau, et que le Compsognathus est un reptile Dinosaurien, comme cela a été démontré par Gegenbaur et Huxley.

M'étant occupé pendant plusieurs années de l'histoire des oiseaux américains de la période secondaire, il était important pour moi d'étudier les formes européennes, aussi ai-je examiné dernièrement d'une manière assez attentive les trois échantillons connus de l'Archæopteryx. J'ai aussi étudié dans les Musées d'Europe les divers reptiles fossiles, y compris le Compsognathus, qui promettaient de jeter quelque lumière sur les premières formes des oiseaux.

L'examen que j'ai fait de l'Archæopteryx, m'a dévoilé plusieurs caractères importants qui n'avaient pas été reconnus jusqu'à présent, et il m'a paru convenable de les exposer ici. Les plus importants de ces caractères sont les suivants :

1° Présence de vraies dents, en place.

2° Vertèbres biconcaves.

3° Sternum large, bien ossifié.

4° Trois doigts seulement à la main, tous munis d'ongles.

5° Os pelviens séparés.

6° Extrémité distale du péroné en avant du tibia.

7° Métatarsiens séparés, ou incomplètement réunis.

Ces caractères ajoutés à ceux qui sont tirés des métacarpiens libres et de la présence d'une longue queue, prouvent évidemment que l'on a dans l'Archæopteryx une forme très remarquable, et que, s'il est un oiseau comme je le crois, c'est certainement l'oiseau le plus voisin des

reptiles. Si, maintenant, nous examinons en détail ces différents caractères il sera facile d'en faire ressortir l'importance.

Les dents qui sont restées en place semblent être insérées dans l'intermaxillaire, car elles sont en dessous ou en avant de l'orifice nasal. Pour la forme de leur couronne et de leur racine elles ressemblent beaucoup aux dents de l'*Hesperornis*. Le fait que quelques dents sont éparses autour des mandibules ferait supposer qu'elles étaient implantées dans une gouttière. On n'a pas constaté l'existence de dents à la mandibule inférieure, mais il est probable qu'elle en portait.

Les vertèbres présacrales sont toutes ou presque toutes biconcaves, ressemblant à celles de l'*Ichthyornis* pour leur forme générale, mais ne présentant pas les grands trous latéraux que l'on voit chez celles-ci. Il semble qu'il y a vingt-une vertèbres présacrales et un nombre identique ou presque identique de caudales. Les vertèbres sacrées sont moins nombreuses que dans aucun autre oiseau connu; celles qui sont soudées ne dépassent pas le nombre de cinq, si même elles l'atteignent.

La ceinture thoracique ressemble beaucoup à celle des oiseaux modernes. L'articulation de l'omoplate avec le coracoïde, et celle de ce dernier os avec le sternum sont caractéristiques; la fourchette a un cachet distinctement ornithique. Le sternum se compose d'une seule plaque, large et bien ossifiée; elle servait probablement de base à une carène, mais celle-ci n'est pas visible dans les échantillons connus.

Dans l'aile proprement dite, l'intérêt principal se porte sur la main et ses métacarpiens libres. Par leur forme et leur position, ces trois os sont précisément tels qu'on les

voit chez quelques jeunes oiseaux de l'époque actuelle. Ceci est un point important, puisque l'on a prétendu que la main de l'Archæopteryx avait des caractères qui n'étaient pas ceux d'un oiseau, mais ceux d'un reptile. Les os du reptile se retrouvent bien ici, mais ils sont déjà marqués du cachet ornithique.

Un des points les plus intéressants que j'aie constatés pendant mon étude de l'Archæopteryx, c'est l'état de séparation des os de la ceinture pelvienne. Dans tous les autres oiseaux connus, tant vivants que fossiles, les trois éléments du bassin, l'iléon, l'ischion et le pubis sont solidement ankylosés. Chez les jeunes oiseaux ces os sont séparés et dans tous les dinosauriens connus ils sont aussi distincts. Ce point sera compris plus facilement si l'on examine ces deux diagrammes[1] dus à l'obligeance de mon ami le D[r] Woodward, du British Museum, qui m'a donné les plus grandes facilités pour examiner l'Archæopteryx rentrant dans son département. Dans le premier de ces diagrammes, l'on a représenté le bassin d'un Dinosaure provenant du jurassique d'Amérique et voisin de l'*Iguanodon*. Chez ce reptile les os pelviens sont distincts. Le second diagramme est une représentation agrandie du bassin de l'Archæopteryx du British Museum; ici aussi l'iléon est séparé de l'ischion et du pubis.

Chez les oiseaux, le péroné est ordinairement incomplet en bas, mais il peut être soudé avec le côté du tibia. Chez les Dinosauriens typiques, par exemple, dans l'Iguanodon, le péroné, à son extrémité distale, est placé en avant du tibia ; c'est exactement cette position qu'il occupe

[1] Il faut rappeler ici que ce travail avait été présenté à la réunion de l'Association Britannique pour l'avancement des Sciences, qui a eu lieu à York, en septembre dernier. (*Trad.*)

chez l'Archæopteryx, particularité intéressante qui n'avait pas encore été rencontrée chez les oiseaux.

Les os métatarsiens de l'Archæopteryx montrent, tout au moins sur leur face externe, des sillons profonds entre les trois éléments, qui prouvent que ceux-ci étaient distincts, ou que leur union ne se faisait que tardivement. Les métacarpiens libres et la séparation des os du bassin feraient aussi supposer que les métatarsiens étaient distincts, bien que naturellement ils fussent serrés les uns contre les autres de manière à paraître former une masse compacte.

Parmi les autres points intéressants que l'on observe chez l'Archæopteryx, il faut mentionner l'empreinte du cerveau qui prouve que celui-ci, bien que relativement petit, était semblable à celui d'un oiseau, et non d'un Dinosaurien. Il ressemble pour la forme au cerveau du *Laopteryx,* oiseau du jurassique d'Amérique que j'ai décrit récemment. Le cerveau de ces deux oiseaux paraît avoir été d'un type plus élevé que celui de l'Hesperornis, mais ceci peut résulter du fait que ce dernier genre était une forme aquatique, tandis que les espèces jurassiques étaient des oiseaux terrestres.

Les Dinosauriens étant généralement considérés aujourd'hui comme les plus proches parents des oiseaux, il est intéressant de retrouver dans ceux qui ont été étudiés, de nombreux points de ressemblance avec cette dernière classe. Le *Compsognathus,* par exemple, montre dans ses extrémités une similitude frappante avec l'Archæopteryx. Les doigts de la main correspondent exactement avec ceux de ce genre, bien que les os aient des proportions différentes. Les pieds postérieurs ont aussi essentiellement la même structure dans ces deux genres. D'autre

part, les vertèbres et les os pelviens du Compsognathus diffèrent essentiellement de ceux de l'Archæopteryx, et les deux formes sont profondément séparées. En examinant le squelette du Compsognathus, j'ai découvert dans la cavité abdominale les restes d'un petit reptile qui avait échappé jusqu'à présent aux observateurs. Les dimensions et la position de ce squelette indiqueraient qu'il est celui d'un fœtus ; mais il est possible aussi que ce soit un jeune de la même espèce ou de quelque forme voisine qui aurait été avalé par l'animal. On ne connaissait pas encore de faits semblables chez les Dinosauriens.

Un point de ressemblance assez important entre les oiseaux et les Dinosauriens se trouve dans la clavicule. Cet os existe chez tous les oiseaux, mais on a admis qu'il manquait chez les Dinosauriens. Toutefois, deux échantillons d'Iguanodon du British Museum montrent que cet élément de la ceinture thoracique existait dans ce genre, et il a été représenté dans le diagramme que je mets sous vos yeux. Quelques autres Dinosauriens possédaient une clavicule, mais dans plusieurs familles de cette sous-classe, ainsi que je la comprends, cette pièce semble manquer.

Les animaux les plus voisins des oiseaux que nous connaissions actuellement paraissent être les très petits Dinosauriens du jurassique d'Amérique. Chez quelques-uns d'entre eux, les os séparés du squelette ne peuvent pas être distingués avec certitude de ceux des oiseaux provenant des mêmes couches, si le crâne manque ; l'on trouve même des ressemblances frappantes dans cette dernière partie de la charpente osseuse chez ces deux groupes. Quelques-uns de ces Dinosauriens à dimensions très réduites vivaient peut-être sur les arbres, et les dif-

férences qui existaient entre eux et les oiseaux de la même époque peut avoir consisté au commencement dans l'absence ou la présence des plumes, comme je l'ai montré dans mon mémoire sur les Odontornithes, publié l'année dernière.

C'est un fait curieux que tous les oiseaux des terrains jurassiques actuellement connus, tant d'Europe que d'Amérique, soient des oiseaux terrestres, tandis que tous ceux des crétacés sont des formes aquatiques. Remarquons en outre, que les quatre oiseaux les plus anciens que nous connaissions diffèrent davantage entre eux que ne diffèrent l'un de l'autre deux oiseaux actuels quelconques. Ces faits donnent l'espoir que l'avenir nous réserve des découvertes très importantes, particulièrement dans le triasique qui n'a fourni encore aucune trace authentique d'oiseaux. Enfin, c'est évidemment dans les terrains paléozoïques que nous devons nous attendre à rencontrer les formes primitives de cette classe.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE.

E. Schulze et J. Barbieri. Peptones dans les plantes. (*J. für Landwirthsch.*, XXIX, p. 285. Zurich.)

Il ressort du travail de ces chimistes, qu'ils ont constaté la présence de peptones soit dans les sucs, soit dans les extraits aqueux de plusieurs végétaux, ce qui était à prévoir, depuis qu'on a reconnu la présence de ferments dans les graines et les jeunes pousses, ferments capables de rendre solubles les substances albuminoïdes. La quantité de peptone était toujours faible, ce qui semble prouver qu'il ne s'en accumule pas, mais, qu'à peine formées, elles se transforment en d'autres combinaisons, ce qui ne veut pas dire qu'elles ne jouent pas un rôle important pour la transformation des substances azotées.

Les pommes de terre renferment toujours des peptones, on en a observé dans les betteraves, mais il faut remarquer que le suc des betteraves renferme peu d'albumine coagulable et qu'il semble que les peptones se forment surtout aux dépens de celle-ci. Quant aux herbages, les auteurs confirment les résultats de Kern et Kellner, qui n'ont point trouvé de peptones, ils font cependant remarquer que quelquefois les fourrages verts renferment des ferments qui pourraient avoir une action peptonisante. Ils attirent de nouveau l'attention sur les corps azotés qui sont précipités par l'acide phosphorwolframique et qui n'ont pas tous été identifiés. Depuis leurs recherches, G. Salomon (*Verhandl. d. physiol. Ges. in Berlin*, 1880-81, n°s 2 et 3) a reconnu dans ce précipité la présence de corps analogues à la xanthine.

G. Lunge et Th. Steinkauler. Sequojène. (*Berichte*, XIV, 2202. Zurich.)

Les auteurs ont reconnu que le carbure $C_{13}H_{10}$, extrait des aiguilles de Sequoja, n'est ni un diphénylèneméthane, ni un fluorène; ils ont en outre obtenu, de ces mêmes aiguilles, un terpène $C_{10}H_{16}$, une huile aromatique ayant pour formule $C_{18}H_{20}O_3$ et une autre huile empyreumatique.

PALÉONTOLOGIE.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ PALÉONTOLOGIQUE SUISSE. Vol. VIII, in-4° avec 24 pl. Bâle et Genève, 1881.

Les Mémoires de la Société paléontologique suisse, sans pouvoir tout à fait rivaliser avec ceux de la *Palæontographical Society* d'Angleterre, fournissent néanmoins un argument puissant en faveur de la coopération appliquée à la publication des œuvres d'histoire naturelle. En effet, nous ne pensons pas qu'aucun éditeur, même parmi les plus raisonnables, livrât pour le même prix des volumes pareils à ceux qu'a publiés la Société paléontologique l'année passée et cette année.

Le huitième volume renferme les travaux suivants :

1° La seconde partie des « Beiträge zu einer natürlichen Geschichte der Hirsche » de M. *Rütimeyer*, comprenant 88 p. avec 1 pl. et 1 carte col.

2° La suite de la « Monographie des polypiers jurassiques de la Suisse » de M. *Koby*. La première partie, publiée il y a un an, se composait de 60 p. et 12 pl.; celle-ci de 48 p. et 18 pl. Les espèces sont représentées par des figures d'ensemble et la disposition des pièces du calice, etc., par des figures fortement grossies.

3° La seconde partie de « l'Étude des Nummulites de la Suisse » de *Ph. de la Harpe*. Ce mémoire forme avec celui qui l'a précédé une introduction au travail descriptif que l'auteur préparait depuis bien des années sur les Nummulites de notre pays. Malheureusement, au moment même où paraissait le volume que nous avons sous les yeux, de la Harpe était enlevé à la science et à ses nombreux amis.

Nous ne savons pas encore si les descriptions des espèces suisses étaient complètement achevées et pourront être publiées.

4° La fin de la « Monographie de la zone à Ammonites tenuilobatus d'Oberbuchsitten, » par M. *de Loriol*, (p. 61 à 120, pl. 11 à 14). Le nombre des espèces d'Annélides, de Mollusques et d'Échinodermes recueillies dans ces couches, à Oberbuchsitten et à Wangen, se monte à 87. A. H.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1882

Le 2, brouillard le soir.
3, brouillard le matin.
4, brouillard tout le jour.
5, brouillard presque tout le jour.
6 et 7, brouillard tout le jour.
8 et 9, brouillard presque tout le jour; le 9 le ciel s'éclaircit le soir.
10, gelée blanche le matin; brouillard intense tout le jour, avec dépôt de givre le soir et la nuit suivante.
11, brouillard tout le jour.
12, brouillard le matin.
13, forte gelée blanche le matin.
14, gelée blanche le matin.
15, id. ; depuis midi fort vent du SO. avec un peu de pluie le soir.
18, faible gelée blanche le matin.
19, la bise commence à souffler avec force le soir.
20, forte bise tout le jour.
21, forte bise au milieu de la journée.
22, id.
23, gelée blanche le matin; hâle l'après-midi.
24, gelée blanche le matin; halo lunaire dans la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	741,66	Le 5 à 4 h. après midi	733,05
10 à 8 h. matin	738,46	12 à 6 h. matin	729,00
14 à 8 h. matin	740,22	15 à 8 h. soir	730,29
17 à 10 h. matin	738,49	19 à 6 h matin	734,14
20 à 10 h. soir	741,61	27 à 6 h. soir	714,55
28 à 10 h. matin	723,22	28 à 10 h. soir	717,94

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	739,81	+12,36	+ 0,35	— 0,10	— 0,4	+ 3,0	3,84	—0,38	810	— 35	750	900	...	...	NE. 1	1,00	+4,9	+ 0,1	93,0
2	740,69	+13,28	— 1,01	— 1,52	— 1,2	+ 0,9	3,92	—0,31	903	+ 60	810	990	...	...	variable	0,93	5,0	+ 0,2	92,2
3	740,00	+12,64	— 0,73	— 1,31	— 2,6	+ 2,1	3,86	—0,38	868	+ 26	680	1000	...	...	E. 1	0,54	5,3	+ 0,5	90,0
4	736,99	+ 9,68	— 2,39	— 3,04	— 3,2	— 1,0	3,69	—0,56	937	+ 97	870	1000	...	...	variable	1,00	5,3	+ 0,5	90,5
5	733,79	+ 6,53	— 2,66	— 3,38	— 4,0	— 0,1	3,47	—0,79	903	+ 64	810	980	...	...	SE. 1	0,87	...	.....	89,9
6	734,42	+ 7,21	— 3,09	— 3,89	— 3,8	— 1,8	3,27	—1,00	886	+ 49	830	940	...	...	NNE. 1	1,00	5,2	+ 0,4	89,0
7	736,31	+ 9,15	— 2,08	— 2,95	— 2,9	— 0,9	3,38	—0,90	841	+ 6	770	930	...	...	NE. 1	0,99	4,6	— 0,2	87,7
8	735,41	+ 8,30	— 2,01	— 2,96	— 2,9	— 0,2	3,45	—0,84	854	+ 20	760	900	...	...	variable	0,92	4,6	— 0,2	87,0
9	737,50	+10,45	— 2,44	— 3,47	— 4,9	— 0,3	3,38	—0,91	877	+ 45	790	990	...	...	variable	0,69	4,7	— 0,2	86,5
10	737,26	+10,26	— 3,73	— 4,84	— 5,7	— 1,7	3,46	—0,84	970	+140	890	1000	...	...	variable	1,00	4,6	— 0,3	84,8
11	732,03	+ 5,09	— 4,35	— 5,55	— 6,3	— 2,0	3,36	—0,95	1000	+172	1000	1000	...	...	variable	0,96	4,5	— 0,4	85,5
12	730,09	+ 3,21	— 1,42	— 2,70	— 4,6	+ 3,0	3,99	—0,33	924	+ 98	780	1000	...	...	variable	0,52	...	....	83,0
13	736,24	+ 9,42	+ 0,72	— 0,65	— 5,1	+ 8,7	3,75	—0,58	818	+ 94	390	1000	...	...	variable	0,07	5,2	+ 0,3	84,3
14	739,27	+12,51	+ 3,85	+ 2,39	— 3,8	+14,9	3,97	—0,36	703	—119	280	960	...	...	variable	0,12	5,1	+ 0,1	84,0
15	734,36	+ 7,66	+ 6,69	+ 5,14	— 0,5	+13,0	3,82	—0,52	565	—255	300	760	2,0	2	SO. 2	0,72	5,1	+ 0,1	83,1
16	736,51	+ 9,87	+ 2,65	+ 1,01	+ 0,2	+ 5,7	3,67	—0,68	712	—106	490	900	...	...	NNE. 1	0,43	5,4	+ 0,4	79,5
17	737,65	+11,07	+ 2,46	+ 0,72	— 2,0	+ 7,1	4,24	—0,12	794	— 22	570	900	...	...	variable	0,84	5,2	+ 0,2	81,8
18	735,93	+ 9,41	+ 3,78	+ 1,95	— 0,9	+ 7,4	4,68	+0,31	781	— 33	570	950	...	...	NNE. 1	0,89	5,3	+ 0,3	83,0
19	735,55	+ 9,09	+ 4,11	+ 2,18	+ 2,4	+ 7,6	3,86	—0,52	697	—115	330	870	...	...	NNE. 2	0,63	...	.....	79,8
20	740,66	+14,27	+ 2,42	+ 0,39	+ 0,9	+ 4,9	3,02	—1,36	601	—209	410	670	...	...	NNE. 3	0,02	4,7	— 0,4	85,0
21	738,94	+12,61	+ 2,16	+ 0,03	— 2,4	+ 6,5	3,62	—0,77	705	—102	470	810	...	...	NE. 2	0,53	5,0	— 0,1	80,0
22	737,15	+10,88	+ 4,43	+ 2,20	+ 1,7	+ 8,1	4,62	+0,22	769	— 36	590	850	...	...	N. 1	0,14	5,4	+ 0,2	80,0
23	735,16	+ 8,96	+ 3,03	+ 0,70	— 2,9	+ 9,7	4,53	+0,12	817	+ 14	490	950	...	...	N. 1	0,03	5,8	+ 0,6	79,0
24	733,69	+ 7,55	+ 4,96	+ 2,52	— 2,3	+13,1	4,73	+0,31	751	— 49	460	980	...	...	variable	0,40	5,9	+ 0,7	78,2
25	732,00	+ 5,92	+10,72	+ 8,18	+ 3,9	+18,6	4,57	+0,14	523	—275	170	710	...	...	variable	0,64	6,4	+ 1,1	79,5
26	721,69	— 4,32	+11,61	+ 8,96	+ 8,4	+17,5	4,66	+0,22	522	—274	250	840	3,9	4	SO. 1	0,96	...	.. ..	77,3
27	715,50	—10,45	+ 8,12	+ 5,36	+ 6,3	+10,9	6,04	+1,59	795	+ 2	550	830	10,8	10	SSO. 2	0,98	6,8	+ 1,5	77,5
28	721,67	— 4,22	+ 8,43	+ 5,56	+ 5,0	+11,0	5,81	+1,35	731	— 60	560	810	...	...	SSO. 1	0,80	6,6	+ 1,2	78,5

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1882.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	737,47	737,85	738,02	737,64	736,91	736,71	736,99	737,35	737,40
2e »	735,94	736,48	736,65	736,37	735,53	735,31	735,59	735,92	736,46
3e »	730,54	730,89	730,86	729,94	728,88	728,25	728,05	728,15	727,87
Mois	734,95	737,37	735,48	734,99	734,12	733,79	733,93	734,21	734,34

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 2,34	— 2,29	— 1,79	— 0,92	— 0,43	— 0,53	— 1,46	— 1,98	— 2,32
2e »	— 1,00	— 0,33	+ 2,26	+ 4,37	+ 6,06	+ 6,03	+ 4,22	+ 2,58	+ 1,44
3e »	+ 3,04	+ 4,07	+ 7,38	+ 9,81	+10,90	+10,05	+ 8,63	+ 7,38	+ 6,03
Mois	— 0,32	+ 0,23	+ 2,28	+ 4,04	+ 5,13	+ 4,83	+ 3,45	+ 2,32	+ 1,41

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	3,55	3,50	3,48	3,57	3,64	3,63	3,69	3,67	3,64
2e »	3,64	3,75	3,79	3,87	3,86	3,68	4,04	4,12	4,02
3e »	4,55	4,51	4,76	4,66	4,59	4,95	5,11	5,25	5,26
Mois	3,87	3,88	3,96	3,99	3,99	4,02	4,22	4,28	4,24

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade	931	910	870	835	819	828	896	928	947
2e »	862	847	723	645	583	547	669	751	812
3e »	799	754	627	524	491	557	620	689	758
Mois	869	843	748	678	641	650	736	796	845

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 3,16	0,00	0,89	+ 4,91	—	89,06
2e »	— 1,97	+ 7,03	0,52	+ 5,06	2,0	82,90
3e »	+ 2,21	+ 11,92	0,56	+ 5,99	14,7	78,75
Mois	— 1,20	+ 5,92	0,66	+ 5,27	16,7	83,91

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 1,00.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,48 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 54°,1 E. et son intensité est égale à 17,64 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1882.

Le 1er, brouillard avec fort vent du SO., le matin, de 8 h. à 10 h.
15, à 10 h. soir quelques flocons de neige.
16, très forte bise avec brouillard jusqu'au soir.
17, très forte bise et bouillard tout le jour; dans la matinée un peu de neige qui n'a pas pu être recueillie.
19, forte bise et brouillard tout le jour.
26, brouillard et neige tout le jour, très fort vent du SO.
27. brouillard et neige tout le jour.
28, brouillard et neige dans la nuit et dans la matinée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	571,92	Le 6 à 6 h. matin	566,04
7 à 10 h. matin	568,36	8 à 2 h. après midi	567,08
10 à 10 h. matin	570,09	12 à 6 h. matin	562,86
14 à 10 h. soir	573,40	16 à 6 h. matin	564,63
18 à midi	569,03	19 à 8 h. matin	565,84
20 à 10 h. soir	571,10	21 à 4 h. après midi	568,80
22 à midi	571,22	27 à 8 h. soir	553,81
28 à midi	559,30		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim				
1	571,53	+11,08	570,90	571,85	— 9,89	— 0,82	—11,0	— 6,8	.....	.....	....	SO.	1	0,21
2	571,33	+10,91	570,97	571,92	— 9,03	+ 0.03	—10,4	— 5,3	.....	.....	....	SO.	1	0,00
3	571,31	+10,93	571,13	571,88	— 5,52	+ 3,53	— 7,9	— 2,8	.....	.....	....	SO.	1	0,09
4	568,86	+ 8,52	568,22	569,61	— 5,64	+ 3,40	— 7,2	— 3,0	.....	.....	....	variable		0,03
5	566,38	+ 6,08	566,06	567,02	— 4,78	+ 4,25	— 6,8	— 0,5	.....	.....	....	NE.	1	0,01
6	566,48	+ 6,21	566,04	567,22	— 3,89	+ 5,13	— 6,0	+ 0,2	.....	.....	....	NE.	1	0,00
7	567,90	+ 7,67	567,52	568,36	— 5,35	+ 3,66	— 7,2	— 2,0	.....	.....	....	SO.	1	0,22
8	567,18	+ 6,98	567,08	567,56	— 5,79	+ 3,20	— 7,3	— 3,1	.....	.....	....	SO.	1	0,12
9	569,20	+ 9,03	568,33	570.04	— 6,10	+ 2,87	— 7,8	— 2,7	.....	.....	....	SO.	1	0,03
10	569,42	+ 9,28	568,45	570,09	— 6,15	+ 2,80	— 8,3	— 2,4	.....	.....	....	SO.	1	0,00
11	565,06	+ 4,96	563,94	566,42	— 6,81	+ 2,12	— 8,6	— 4,0	.....	.....	....	SO.	1	0,00
12	564,46	+ 4,39	562,86	566,70	— 7,90	+ 1,01	—10,3	— 4,5	.....	.....	....	SO.	1	0,02
13	570,20	+10,16	568,38	572,08	— 5,54	+ 3,34	— 8,0	— 2,1	.....	.....	....	SO.	1	0,00
14	572,98	+12,97	572,28	573,40	— 3,38	+ 5,47	— 6,1	0,0	.....	.....	....	NE.	1	0,07
15	568,91	+ 8,93	564,98	572,01	— 3,52	+ 5,30	— 5,5	— 1,0	.....	.....	....	variable		0,64
16	566,08	+ 6,13	564,63	567,48	—11,62	— 2,83	—12,8	—10,5	.....	.....	....	NE.	2	0,71
17	568,39	+ 8,47	567,89	568,88	— 6,92	+ 1,84	— 8,6	— 5,3	.....	.....	....	NE.	3	0,98
18	568,63	+ 8,74	568,40	569,03	— 4,35	+ 4,38	— 9,8	— 1,0	.....	.....	....	NE.	1	0,14
19	566,42	+ 6,55	565,84	567,84	—10,10	— 1,41	—11,5	— 6,6	.....	.....	....	NE.	2	0.87
20	570,29	+10,44	568,76	571,10	—11,05	— 2,40	—14,4	— 9,3	.....	.....	....	NE.	1	0,00
21	569,31	+ 9,48	568,80	569,89	— 8,94	— 0,33	— 9,9	— 6,7	.....	.....	....	NE.	2	0,28
22	570,86	+11,05	570,13	571,22	— 1,01	+ 7,56	— 5,3	+ 2,0	.....	.....	....	NE.	1	0,00
23	570,50	+10,71	570,33	570,69	— 1,68	+ 6.85	— 2,3	+ 0,4	.....	.....	....	NE.	1	0,00
24	570,06	+10,29	570,01	570,25	— 0,96	+ 7,53	— 3,3	+ 2,5	.....	.....	....	NE.	1	0,14
25	569,27	+ 9,52	568,34	570,19	— 1,30	+ 7,14	— 4,0	+ 2,8	.....	.....	....	SO.	1	0,46
26	561,82	+ 2,09	558,20	565,37	— 5,24	+ 3,15	— 5,5	— 4,2	60	5,9	....	SO.	2	1,00
27	554,03	— 5,68	553,81	554,81	— 5,50	+ 2,84	— 6,6	— 2,2	100	9,4	....	SO.	1	0,88
28	558,45	— 1,25	555,84	559,30	— 4,80	+ 3,49	— 6,3	— 2,8	240	22,6	....	SO.	1	0,50

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1882.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	568,91	569,08	569,22	569,13	568,88	568,89	568,99	569,06	569,08
2e »	567,80	568,01	568,40	568,39	568,20	568,09	568,20	568,34	568,48
3e »	565,80	566,09	566,12	565,93	565,62	565,31	565,27	565,21	565,11
Mois	567,63	567,85	568,04	567,95	567,71	567,58	567,64	567,70	567,73
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 7,86	— 7,17	— 5,52	— 3,56	— 3,03	— 4,07	— 6,55	— 7,06	— 7,32
2e »	— 8,47	— 8,22	— 6,90	— 5,03	— 4,76	— 5,30	— 6,66	— 7,35	— 7,60
3e »	— 5,03	— 4,46	— 3,09	— 1,42	— 1,31	— 2,55	— 3,52	— 3,88	— 4,06
Mois	— 7,27	— 6,77	— 5,32	— 3,47	— 3,16	— 4,08	— 5,72	— 6,25	— 6,49

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 7,99	— 2,84	0,07	—	—
2e »	— 9,56	— 4,43	0,34	—	—
3e »	— 5,40	— 1,02	0,41	37,9	400
Mois	— 7,81	— 2,89	0,26	37,9	400

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 1,00.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,17 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 9,9 sur 100.

LE GRAIN DU GLACIER

PAR

M. F.-A. FOREL

de Morges.

Après la session de Brigue de la Société helvétique des Sciences naturelles, mon ami M. Ed. Hagenbach-Bischoff, de Bâle, et moi, nous avons consacré la fin de septembre 1880 à une excursion aux glaciers du Rhône, de l'Aar et d'Aletsch. M. Hagenbach avait apporté un appareil de Nörremberg pour l'étude de l'axe optique des cristaux ; il m'a appris à voir le grain du glacier et à constater par les axes optiques que chaque grain est un cristal, et n'est qu'un seul cristal; que l'axe du cristal est perpendiculaire au plan de cristallisation, reconnaissable par les lentilles de fusion de Tyndall ; pendant huit jours nous avons utilisé chaque éclaircie d'un soleil trop avare de ses rayons, pour décomposer les blocs de glace en grains du glacier, pour chercher les axes optiques, les plans de cristallisation, les limites des cristaux.

Depuis cette époque, je suis préoccupé par ces grains du glacier; je voudrais résumer dans les pages suivantes le résultat de mes rêveries.

Quelques mots d'abord sur le grain du glacier[1].

La masse du glacier est formée d'un agglomérat de cristaux pressés les uns contre les autres; même lorsqu'ils cessent d'être congelés et soudés ensemble, ils sont tellement enchâssés, engrenés les uns dans les autres, qu'il est fort difficile de les séparer. Pressés, articulés ensemble, ils forment comme une maçonnerie compacte, où chaque pierre est retenue par les autres, tout en maintenant les autres en place; que l'on arrive sur un bloc de glacier à désarticuler l'un des cristaux, alors tous les autres se dégagent plus ou moins facilement et toute la masse se démolit en pièces isolées.

Ces cristaux n'ont pas de forme régulière : ce sont des polyèdres irréguliers, enchâssés les uns dans les autres; les faces courbes irrégulières de deux cristaux voisins sont parfaitement opposées l'une à l'autre. D'après la terminologie minéralogique, ils doivent être appelés des *grains cristallins*.

Le grain cristallin se développe en grosseur du haut en bas du cours du glacier; à la limite du névé, le grain a la grosseur d'une petite noisette; dans la partie moyenne d'un grand glacier, il a la grosseur d'une noix; à la partie terminale celle d'un œuf de poule. A l'extrémité inférieure des glaciers d'Aletsch, de l'Aar inférieur et du Rhône, j'ai vu des grains mesurer jusqu'à 7 ou 8 centimètres dans leur plus grand diamètre.

La glace d'eau, soumise à la chaleur rayonnante, fond

[1] Je renvoie pour les détails de la structure du grain du glacier à l'étude de M. F. Klocke de Fribourg en Brisgau, Optische Struckture des Gletschereises (*Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc., 1881, I, 23 sq. Stuttgart, 1881). Nous sommes arrivés de notre côté presque exactement aux mêmes résultats que cet auteur.

dans l'intérieur de sa masse, et il s'y développe de petites cavités, les lentilles de fusion ; elles se présentent d'abord sous la forme de lentilles circulaires très aplaties, puis d'étoiles à six rayons, à bords plus ou moins arrondis, que Tyndall a désignées sous le nom de fleurs; puis les rayons des étoiles se chargent de ramifications toujours plus compliquées. Lentilles, fleurs, étoiles, sont toutes orientées suivant un plan déterminé, perpendiculaire à l'axe du cristal; c'est ce que démontre l'étude du cristal par le moyen de la lumière polarisée. Ces lentilles de fusion, très faciles à développer en exposant un bloc de glace aux rayons du soleil, peuvent donc servir à faire reconnaître l'axe des cristaux.

Si l'on étudie les lentilles de fusion d'un grain du glacier, l'on constate bientôt que dans tout le grain, d'un bout à l'autre, elles ont la même orientation; de là l'on peut conclure que chaque grain est un seul cristal de glace. Si au lieu d'un seul grain l'on étudie un bloc de glace de glacier, l'on reconnaît que l'orientation des lentilles varie d'un grain à l'autre, que deux cristaux voisins ont en général une orientation différente (Sonklar, 1861).

M. A. Bertin[1] a reconnu ce fait en 1866 sur les glaciers du Faulhorn, du Wetterhorn, de Grindelwald supérieur et sur la mer de glace de Grindelwald inférieur. Sur l'extrémité terminale du glacier de Grindelwald inférieur, il a cru constater au contraire une orientation déterminée des axes cristallins ; il en a conclu que la glace de glacier se transformait petit à petit en glace

[1] A. Bertin, Sur la constitution de la glace de glacier. *Comptes-rendus Acad. Sc. Paris*, 1866, LXIII, p. 346.

d'étang, laquelle a, comme on le sait, une orientation régulière à axes verticaux. MM. Ch. Grad et A. Dupré en 1869 ont admis le même fait. MM. J. Müller, en 1872, et F. Klocke, en 1881, ont réfuté cette orientation régulière de la glace de glacier, et nous nous joignons à ces derniers auteurs en reconnaissant aux grains cristallins du glacier une orientation quelconque.

La glace du grain du glacier est remarquablement compacte; c'est ce que démontre l'expérience suivante : si l'on expose au soleil un grain du glacier, on voit apparaître les lentilles de fusion; l'eau de fusion, occupant un volume moins grand que la glace qui l'a produite, ne peut, comme l'a montré Tyndall, remplir toute la cavité; il se développe donc au milieu de la lentille d'eau un point vide qui s'accroît et semble bientôt une petite lentille aplatie, comme une bulle d'air. Si on laisse fondre le grain cristallin dans de l'eau, ou mieux dans du pétrole, comme l'a fait Hagenbach, on voit cette petite lentille du vide subsister aussi longtemps que la lentille de fusion n'est pas atteinte par la destruction progressive du morceau de glace; la couche de glace qui l'entoure n'a-t-elle plus que $^1/_2$ mm. d'épaisseur, elle suffit encore pour empêcher le comblement du vide absolu qui existe au milieu de la lentille de fusion. A l'instant où celle-ci est atteinte, le liquide extérieur entre avec force dans la lentille de fusion et la lentille du vide est subitement éteinte. Cela prouve que la glace du grain cristallin est absolument compacte; qu'il n'y a pas trace de porosité, de perméabilité à l'eau, même sous la pression d'une atmosphère.

A la limite des grains cristallins sont les fissures capillaires dans lesquelles l'eau circule plus ou moins librement, quand le glacier est à la température de la fusion.

Ces fissures capillaires ont beaucoup préoccupé les anciens physiciens. Hugi n'admet pas qu'elles soient normalement perméables à l'eau, et en réalité ses expériences d'infiltration de liquides colorés dans la glace compacte ont toujours échoué. Voyez en particulier les expériences qu'il fit en 1842 au glacier de Grindelwald, d'après lesquels il semble que, tant que le glacier était gelé, les liquides colorés ne s'infiltraient pas dans la masse [1].

Au contraire, les expériences d'infiltration faites par Agassiz au glacier de l'Aar ont parfaitement réussi ; un tunnel creusé à 5 m. de profondeur permettait de voir l'instant précis de l'apparition dans la profondeur d'un liquide coloré versé à la surface du glacier. L'infiltration se faisait beaucoup plus rapidement pendant la nuit, alors que les fissures capillaires étaient vides d'eau, que pendant le jour, alors qu'elles étaient pleines [2].

Nous reviendrons plus bas sur ce point.

Le glacier est donc une masse d'eau solide de la structure spéciale que les minéralogistes désignent sous l'appellation de cristalline ; c'est un agglomérat de grains cristallins, enchâssés les uns dans les autres, comme le sont les grains d'un marbre cristallin ou d'un bloc de sucre. Les cristaux élémentaires sont les grains du glacier.

Le grain cristallin augmente de volume du haut en bas du glacier. Très petit dans la région du névé, le grain

[1] Hugi, Gletscher und erratischen Blöcke, p. 26 sq. Solothurn, 1843.

[2] Agassiz, Nouvelles études, p. 170 sq.

mesure 2, 4 et 6 centimètres de diamètre à l'extrémité inférieure du glacier. Le grain du glacier s'accroît avec l'âge, comme l'avait déjà dit, il y a soixante ans, l'excellent Hugi de Soleure.

Comment se fait cet accroissement du grain cristallin? Je ne vois que deux possibilités :

Ou bien chaque grain s'accroît aux dépens d'autres cristaux ses voisins, qui, placés dans des conditions moins favorables, perdent autant de matière qu'il en gagne, et absorbent autant de chaleur qu'il en dégage par la cristallisation (Ed. Hagenbach[1]).

Ou bien le grain cristallin s'accroît aux dépens de l'eau de fusion qui lui arrive d'en haut, de la surface du glacier.

A la première de ces deux hypothèses, on peut faire une grave objection. Si elle était vraie, on devrait trouver dans la même masse du glacier des grains de grosseur inégale; dans le même bloc, on devrait voir, les uns à côté des autres, des grains à divers degrés de développement, les uns en voie de croissance, les autres en voie de résorption; les uns à un maximum de grosseur, les autres à moitié résorbés, aux trois quarts, aux neuf dixièmes résorbés. Or cela n'est pas; la masse du glacier est formée de grains presque égaux dans la même région.

Cette objection me semble infirmer gravement la première hypothèse, et je veux essayer d'analyser les conditions de la seconde.

Pour qu'un cristal de glace augmente en volume, il lui faut :

[1] Soc. helvet. Sc. nat., Actes de Brigue. *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1880, IV, 385. Genève.

1° De l'eau.

2° Du froid.

3° Des conditions favorables.

Laissons ce dernier point, qui nous est absolument inconnu, et recherchons si les deux autres conditions sont représentées dans le glacier.

L'eau. Le grain cristallin reçoit de l'eau par la fusion des couches supérieures du glacier, attaquées par la chaleur de l'été; l'eau coule à la surface du glacier, pénètre par les crevasses; admettons qu'elle entre dans les fissures capillaires et imbibe tout le glacier. Une partie de cette eau peut être arrêtée par le cristal en voie d'accroissement, le reste s'écoule dans le torrent glaciaire.

Le froid. La perte de chaleur nécessaire à la solidification de l'eau a lieu pendant l'hiver. Le glacier est une masse dont la température ne peut s'élever au-dessus de 0°, mais peut s'abaisser au-dessous. En quelques mots, voici les conditions thermiques auxquelles est soumis le glacier :

Par sa face supérieure, le glacier est en rapport avec l'air qui, suivant sa température et son humidité, lui livre de la chaleur ou lui en reprend; d'une manière générale, pendant l'été, le glacier reçoit plus de chaleur qu'il n'en perd. Une couche de glace est fondue et l'épaisseur du glacier est diminuée d'autant; en hiver, il perd plus de chaleur qu'il n'en reçoit et la température de ses couches supérieures s'abaisse au-dessous de zéro. Les phénomènes de rayonnement de la chaleur[1] additionnent leurs effets à ceux de la transmission directe de la chaleur par le contact

[1] Le pouvoir rayonnant du noir de fumée étant exprimé par 100, celui de la glace est 85 (Leslie).

avec l'atmosphère. Quand le ciel est serein, pendant le jour, le glacier absorbe une quantité considérable de chaleur des rayons solaires; pendant la nuit, il rayonne puissamment vers l'espace et perd une grande quantité de chaleur. En hiver, la nuit est plus longue que le jour, le soleil est bas sur l'horizon et, par radiation, le glacier perd plus de chaleur qu'il n'en reçoit.

Sur la face inférieure du glacier, les conditions thermiques sont fort différentes suivant les localités et les glaciers. Le glacier repose sur le sol, et, suivant l'altitude, le sol est au-dessus ou au-dessous de zéro. Dans les altitudes inférieures, au-dessous de 2000 ou 2600 m., selon les auteurs, la chaleur centrale de la terre peut pénétrer jusqu'au glacier et, maintenant son lit pendant tout ou partie de l'année à la température de glace fondante, peut fondre une certaine quantité de glace. Dans les altitudes supérieures, l'isotherme de 0° passe plus ou moins profondément dans le sol au-dessous du glacier, et celui-ci est toujours gelé sur son fond.

Mais dans la région terminale, le glacier est loin d'être partout adhérent au sol; entre les points d'appui qui le soutiennent il existe sous le glacier un système de canaux aériens, creusés dans le sol suivant le lit des torrents, creusés aux dépens de la glace dans les points qui correspondent à la place d'un torrent d'été. Ces cavernes, canaux, couloirs, à réseau fort compliqué, dans lesquels on peut pénétrer souvent fort loin sous le glacier, font l'effet de caves à glace, tant qu'ils sont en communication avec l'air extérieur. L'air le plus froid descend dans toutes les déclivités et remplit ces canaux. Celles de ces caves dont les ouvertures ne sont pas entièrement obstruées par la neige doivent donc servir à refroidir puissamment le fond

du glacier; celles qui, en hiver, sont entièrement fermées, n'ont pas d'effet thermique spécial.

Par sa face supérieure et par une partie de sa face profonde, le glacier se refroidit donc en hiver.

La neige et la glace sont mauvais conducteurs de la chaleur[1]. Le refroidissement intense des surfaces en contact avec l'air ne doit pas pénétrer très rapidement dans le glacier; mais il pénètre cependant, et à la fin de l'hiver nous pouvons nous représenter le glacier comme une masse stratifiée thermiquement en couches dont la température est d'autant plus basse qu'elles sont plus superficielles. La masse centrale est-elle à 0°, comme le croient beaucoup d'auteurs, est-elle au-dessous de 0° ? Nous discuterons cette question plus loin. Mais incontestablement il y a dans le glacier une grande provision de froid; la température moyenne du glacier, à la fin de l'hiver, est certainement de quelques dixièmes de degré, et probablement de quelques degrés au-dessous de zéro.

En été, au contraire, la surface de tout le glacier, et sa masse entière dans les régions terminales, est à 0°, à la température de glace fondante. Comment le glacier se réchauffe-t-il dans les trois mois d'été, comment revient-il à 0° ?

Ne parlons que pour mémoire de la chaleur centrale. La très petite quantité de chaleur qui arrive au glacier par le sol ne peut être assez importante pour entrer en ligne de compte[2].

[1] Les expériences de M. Lucien de la Rive ont montré que la conductibilité de la glace est cependant supérieure à celle du verre comme 1,76 est à 1. *Archives des Sciences phys. et nat.*, 1864, XIX, 177.

[2] E. de Beaumont a calculé que la quantité de chaleur centrale

Une partie de la chaleur nécessaire pour ramener à 0° le glacier refroidi pendant l'hiver, lui est rendue par conduction; les surfaces en contact avec l'air chaud de l'été, ou exposées à la chaleur rayonnante remontent à 0°, et, par conduction, les couches profondes doivent se réchauffer comme elles s'étaient refroidies pendant l'hiver. Mais cette action de réchauffement peut-elle égaler l'effet du refroidissement hivernal? évidemment non.

Toutes choses égales, la conduction thermique doit avoir lieu dans le glacier avec la même vitesse dans un sens que dans l'autre. Si donc l'action thermique positive de l'été était égale en intensité et en durée à l'action thermique négative de l'hiver, il pourrait y avoir compensation. Mais cette égalité n'existe pas. Tandis que pour le refroidissement de l'hiver la température de la surface supérieure descend à 10 ou 20° au-dessous de la masse du glacier qui se refroidit, pour le réchauffement de l'été cette même surface supérieure ne peut s'élever au-dessus de 0°, et par conséquent ne peut s'éloigner que d'un petit nombre de degrés de la température de la masse glacée à réchauffer. Tandis que l'action du refroidissement de l'hiver dure environ neuf mois, presque sans interruption, l'action de réchauffement de l'été ne dure que trois mois à peine, et encore seulement pendant les journées à soleil et à vent chaud; pendant les nuits claires de l'été, la surface du glacier est le plus souvent gelée.

Le réchauffement inférieur par la chaleur centrale est nul ou très faible, le réchauffement supérieur de l'été est peu intense et de courte durée. Le glacier se refroidit

qui se dégage à travers les couches externes de la terre est suffisante pour fondre annuellement une épaisseur de glace de $6^{mm}.5$ seulement. *Bibl. univ.*, 1842, XLI, 184. Genève.

donc plus en hiver qu'il ne se réchauffe directement en été.

S'il n'y avait donc que ces procédés de réchauffement [1] du glacier, nous aurions probablement dans le milieu de la masse du glacier une température assez notablement inférieure à 0°.

Mais il y a un autre procédé de réchauffement : c'est la formation de la glace aux dépens de l'eau de fusion. L'eau de fusion de la surface est à la température de zéro; nous admettons qu'elle descend par les fissures capillaires et arrive au contact de couches de glace à quelques degrés au-dessous de zéro. L'équilibre thermique doit s'établir entre ces deux substances. Il y aura réchauffement de la glace qui élèvera sa température jusqu'à zéro, en absorbant deux calories par kilogramme de poids et par degré de température [2]; il y aura refroidissement de l'eau qui se congèlera en dégageant 79 calories par kilogramme de glace produite. Il y aura donc autant de fois un soixante-dix-neuvième de volume de glace nouvelle produite, que la glace ancienne avait de fois deux degrés centigrades au-dessous de zéro; ce qui revient à dire que chaque décimètre cube de glace augmente d'autant de fois 6,3 centimètres cubes que la température de la glace comptait de degrés centigrades au-dessous de zéro.

Supposons un décimètre cube de glace à —5°, placé

[1] Je ne parle pas ici de la pénétration de la chaleur rayonnante par diathermansie, car son action ne saurait aller très profondément, et se confond avec le réchauffement superficiel par contact avec l'air chaud.

[2] La chaleur spécifique de la glace aux températures de 0° à —10° est, d'après Person, 0,5037.

dans de l'eau à zéro; dans ces conditions, pour ramener la glace à zéro, il faut la production de 31 centimètres cubes de glace nouvelle.

Si donc le glacier revient à la fin de l'été à la température de zéro, on peut admettre que la plus grande partie de la chaleur perdue par le glacier pendant l'hiver lui est rendue en été sous la forme d'un accroissement de volume. Une partie de l'eau de fusion superficielle, en circulant dans l'intérieur du glacier, est fixée et solidifiée.

Où se fait cette adjonction de nouvelle glace? Évidemment sur les parois des fissures capillaires, à la limite des grains du glacier; ceux-ci ne sont en effet absolument pas perméables à l'eau, qui ne peut circuler que dans les fissures capillaires entre les divers grains cristallins. Sous quelle forme se fait cette augmentation de volume? Sous la forme d'un accroissement du grain cristallin, dans les mêmes plans de cristallisation que la partie ancienne du cristal; c'est ce que montre l'étude optique du grain de glacier qui prouve l'unité de cristallisation.

Le grain du glacier s'accroît donc par adjonction de nouvelles couches, aux dépens de l'eau de fusion superficielle, dans l'acte de réchauffement du glacier en été.

— Cherchons maintenant par un calcul approximatif si les faits connus répondent à cette théorie. Nous savons que le grain du glacier augmente de volume; qu'à la limite du névé et du glacier il a quelques millimètres de grosseur, qu'à la partie inférieure d'un grand glacier il a quelques centimètres; nous savons encore qu'il emploie quelques cinquante, cent, ou cent cinquante ans pour faire le voyage qui l'amène des régions supérieures aux régions inférieures du glacier.

Prenons les chiffres que nous donne Hugi, le naturaliste qui a le mieux étudié le grain du glacier[1]. Au-dessous de la ligne du névé, dit-il, le grain a environ 3 à 4 lignes de diamètre; une demi-lieue plus bas il a la grosseur d'une noix, et à l'extrémité des grands glaciers il atteint souvent presque la grosseur d'un œuf de poule. Admettons que, dans la longueur du glacier, le grain augmente son diamètre de 1 à 4 centimètres, et qu'il emploie 100 ans pour ce développement.

Les diamètres ayant cru comme 1 : 4,

les volumes ont augmenté comme 1 : 64.

En 100 ans le grain cristallin a augmenté de 64 fois son volume.

Quel est l'accroissement annuel qui correspond à cet accroissement total?

$$64=(1+x)^{100}$$

d'où $$x=0,043$$

soit près de 4 $^1/_2$ pour cent l'an.

A supposer que tout le froid de l'hiver soit employé en été pour cet accroissement de volume, à quelle température le grain cristallin devrait-il descendre chaque année pour répondre à l'hypothèse?

La chaleur de solidification de l'eau étant de 79 calories, si la chaleur spécifique de la glace était égale à celle de l'eau, une simple multiplication ($79\times0,043$) nous donnerait la température demandée soit — 3°,4. Mais comme la chaleur spécifique de la glace est la moitié de celle de l'eau, nous devons multiplier ce chiffre par 2 et nous trouverons qu'il suffit que le glacier descende en hiver à — 6°,8.

[1] Fr.-J. Hugi, das Wesen der Gletscher, p. 69.

L'accroissement en volume du grain cristallin, tel que nous le connaissons dans les glaciers des Alpes, s'explique donc si en moyenne chaque année le glacier descend à 6°,8 au-dessous de zéro. Disons —7°, pour tenir compte de la quantité de chaleur qui est rendue par conduction, soit par la surface inférieure pendant toute l'année, soit par la surface supérieure pendant les beaux jours d'été[1].

— Le chiffre de — 7° que nous avons trouvé comme indiquant, dans nos hypothèses, la température moyenne du glacier à la fin de l'hiver doit être notablement réduit;

[1] Les chiffres sur lesquels mon calcul est basé sont probables; mais ils peuvent être trop élevés ou trop faibles. Faisons-les varier, dans les limites du possible, pour voir à quels résultats cela nous conduirait, en ce qui regarde la température moyenne du glacier en hiver.

Nous avons supposé un accroissement de diamètre de 1 à 4 en 100 ans; faisons d'autres suppositions pour l'accroissement du diamètre.

Accroissement en 100 ans. Diamètres.	Accroissement annuel en diamètre	en volume	Température moyenne du glacier en hiver.
3	0,011	0,033	— 5°,2
4	0,014	0,043	— 6°,8
5	0,016	0,049	— 7°,8

Faisons d'autres suppositions pour la durée de l'action, l'accroissement en diamètre restant le même soit 1 : 4.

Durée. Années.	Accroissement annuel en diamètre	en volume	Température moyenne du glacier en hiver.
50	0,028	0,087	—13°,7
100	0,014	0,043	— 6°,8
150	0,010	0,028	— 4°,4

Si je prends les chiffres de M. Heim qui suppose que le glacier d'Aletsch emploie 425 ans pour élever de 1 à 10 le diamètre du grain cristallin (*A. Heim*, Ueber Gletscher. *Pogg. Ann.* 1870, Erg. Bd. 34). Nous n'avons plus besoin que d'un accroissement annuel de 0,016 à 0,017 en volume, qui correspondrait à une température moyenne hivernale du glacier de — 2°,6.

il donne une température sensiblement trop basse. En effet une part de l'accroissement du grain cristallin se fait par un tout autre procédé que celui que nous venons de décrire. A la fin de l'été le glacier est, dans une partie importante de son épaisseur, à la température de glace fondante; entre les grains du glacier, dans les fissures capillaires il y a de l'eau. Cette eau reste adhérente par capillarité et ne s'écoule pas, ou ne s'écoule que très lentement vers le bas. Or à mesure que le glacier se refroidit en automne, le premier effet de la perte de chaleur est la congélation de l'eau d'infiltration, et par suite l'augmentation du grain cristallin.

J'avais pensé un moment à revenir pour cette partie du phénomène, à l'ancienne théorie de Charpentier, et à expliquer par cette congélation automnale de l'eau d'imbibition le mouvement d'écoulement du glacier en automne et en hiver; mais la réflexion m'a fait absolument écarter cette idée. L'augmentation du grain cristallin qui a lieu de cette manière doit avoir très peu d'effet sur l'expansion du glacier. En effet, l'eau qui remplit la fissure capillaire, en se changeant en glace, continue à remplir le vide existant entre les deux grains; par le fait de sa dilatation dans le changement d'état, elle repousse un peu les deux grains voisins et augmente un peu le volume de la masse. Mais le calcul montre que cette dilatation est bien peu de chose. La densité de la glace étant 0,92, la dilatation de l'eau qui se solidifie n'est que de 0,08 en volume, de 0,027 en longueur, soit $^1/_{37}$ de la longueur de la masse d'eau congelée.

Le mouvement hivernal des glaciers est encore assez considérable. Agassiz l'a évalué à 15 cm. par jour sur le glacier de l'Aar, Forbes à 30 cm. sur la Mer de Glace de

Chamonix. D'après cela, si l'on ne fait appel qu'à la dilatation de la glace pour expliquer ce mouvement, il faut supposer une formation de 5,5 ou 11 m. de glace nouvelle par jour, 550 ou 1100 m. de glace nouvelle en 100 jours, ce qui est absolument en dehors des limites de la possibilité.

Laissons donc de côté la vieille théorie de la dilatation, et contentons-nous de dire ici qu'une notable partie de l'accroissement du grain cristallin doit se faire dès l'automne par la congélation de l'eau d'imbibition sous l'action des froids de l'hiver. Quelle est la quantité de glace ainsi produite? Nous ne pouvons l'évaluer, dans l'ignorance où nous sommes de la quantité d'eau d'imbibition existant dans les fissures capillaires. Mais cette quantité doit être relativement assez importante, et par conséquent nous avons à retrancher une part considérable du chiffre de — 7° que nous a donné le calcul pour la température moyenne du glacier en hiver, quand nous supposions que tout l'accroissement du grain cristallin se faisait par le procédé qui est à la base de notre hypothèse.

Moins de sept degrés au-dessous de zéro pour la température moyenne du glacier à la fin de l'hiver. Cela me semble rentrer dans les limites de la possibilité. Il faut tenir compte en effet de ce que cette température moyenne s'applique à toute la masse du glacier, à la région supérieure du haut glacier comme à la région terminale près du front du glacier, à ses couches profondes qui ne sont peut-être guère au-dessous de zéro, comme à ses couches superficielles qui descendent peut-être à — 10° ou — 20°, à ses parties peu accidentées où le froid de l'hiver pénètre moins, comme à ses régions crevassées qui doivent se refroidir énormément.

L'accroissement de volume dépendant du réchauffement de la glace refroidie pendant l'hiver, plus la perte de chaleur est importante plus l'accroissement est grand. Ce sera donc dans les régions élevées du glacier, là où le froid est le plus intense et l'hiver le plus long, que le grain cristallin augmentera le plus chaque année. — Le calcul approximatif, que seul nous pouvons faire dans cette étude préliminaire, ne nous montre pas d'impossibilité absolue pour notre hypothèse. Mais il est un point, qui n'est pas immédiatement évident, c'est la pénétration de l'eau dans l'intérieur du glacier, par le moyen des fissures capillaires. Comment, en particulier, ce fait concorde-t-il avec ce que nous savons de la regélation ?

D'après les expériences de Faraday, deux surfaces de glace mises en contact sous pression dans un milieu liquide se regèlent ; il se fait une union intime et continue entre les deux morceaux, qui sont soudés par un pont presque aussi solide que la glace ancienne. Dans le glacier, à la température de glace fondante, les faces des grains cristallins étant inverses les unes aux autres, et étant dans un contact immédiat pressées les unes contre les autres, doivent se souder par regélation, et l'eau doit ne pas pouvoir circuler dans les fissures capillaires. Et en réalité, si un morceau de glace compacte est enlevé dans l'intérieur du glacier, il ne montre pas d'abord des fissures capillaires ; ce n'est qu'au bout d'un certain temps d'exposition à l'air que l'on voit se dessiner le réseau des fissures et que l'on peut séparer les grains.

Mais, d'un autre côté, on connaît les expériences classiques d'infiltration des liquides colorés qui pénètrent fort bien entre les grains; dans ce cas il n'y a évidemment pas regélation. Quand on a cheminé en été sous le glacier,

dans les galeries naturelles ou artificielles, l'on y a toujours vu l'eau circuler plus ou moins librement dans le réseau des fissures capillaires. L'on sait par les expériences d'Agassiz au glacier de l'Aar en 1842, que l'infiltration pénètre jusqu'à 3 mètres et plus de profondeur[1].

Le chapitre[2] qu'Agassiz a consacré au rôle de l'eau dans le glacier est fort bien étudié, et semble prouver que l'eau circule entre les grains du glacier jusqu'à une fort grande profondeur.

Il paraît résulter des faits connus que dans le glacier gelé, la glace est compacte et que la circulation de liquides y est impossible; que dans le glacier réchauffé à 0°, à la température de glace fondante, l'eau circule librement. Il paraît probable que l'eau, véhicule de la chaleur, pénètre successivement dans les couches profondes du glacier, en se frayant un chemin dans les fissures capillaires, lentement, progressivement, d'un grain à l'autre, entourant chaque grain dont la température est remontée à zéro, et attaquant le grain voisin qui est encore au-dessous de zéro. Peut-être aussi la dilatation inégale et progressive des grains qui augmentent successivement de volume en se réchauffant, détermine-t-elle des ruptures aux plans de contact des grains voisins et l'ouverture des fissures capillaires.

Quoi qu'il en soit, il est un fait à noter, c'est que la grande circulation des eaux a lieu, non pas entre les faces de contact des deux grains cristallins, mais le long des arêtes où trois grains différents sont en rapport ensemble. Le réseau coloré des expériences d'infiltrations capil-

[1] L. Agassiz, Nouvelles études, p. 170, sq.
[2] Ibid., p. 351, sq.

laires dans le glacier est beaucoup moins une série de lames polygonales, surfaces des polyèdres, qu'une série de lignes, réseau polyédrique des arêtes des grains cristallins.

En résumé, s'il n'est pas facile d'enchaîner ensemble le phénomène de la circulation de l'eau dans le glacier et les faits connus de la regélation, toujours est-il que cette circulation d'eau est incontestable dans certains cas, et que nous pouvons, dans certaines limites, l'admettre à la base de nos hypothèses.

— Cette question de la pénétration de l'eau dans la masse du glacier est évidemment la grande difficulté que je rencontre dans l'application de mes hypothèses. Étudions-la à un autre point de vue.

Supposons que le glacier soit imperméable ; que l'eau ne circule qu'à la surface et dans sa croûte la plus extérieure. Sans parler de l'augmentation du grain cristallin, qui reste inexplicable, nous nous trouvons en présence d'une autre impossibilité. L'eau n'intervenant pas pour le réchauffement de la masse centrale du glacier, tous les phénomènes d'équilibre thermique ne peuvent s'établir que par conduction, le glacier ne peut se réchauffer que par sa surface extérieure ; il faut donc que, pendant toute la première partie de l'été, toute l'épaisseur du glacier, depuis le fond jusqu'à la surface, reste gelée au-dessous de zéro, la température de toute la masse s'élevant progressivement à mesure que la chaleur arrive par les couches superficielles. Tant qu'il reste des masses à réchauffer au centre, le glacier ne peut remonter à zéro. Pendant tout ce temps, soit pendant la première moitié de l'été au moins, le glacier demeure gelé.

Or, tous les phénomènes de mouvement du glacier, assoupis, mais non éteints pendant l'hiver, se réveillent

dès le printemps, et sont à leur maximum au commencement de l'été [1]. D'un autre côté, toutes les théories qui expliquent le mouvement des glaciers font appel à l'état de la glace à la température de zéro. Il y a donc, semble-t-il, contradiction entre les mouvements des glaciers qui sont à leur maximum en juin et juillet, et l'état de congélation du glacier à cette époque qui résulte nécessairement de l'hypothèse de l'imperméabilité du glacier.

Ces considérations me ramènent à la probabilité de la perméabilité du glacier et d'une circulation de l'eau dans les fissures capillaires dans la partie du glacier revenue à zéro; l'imperméabilité du glacier n'est donc pas une objection décisive qui me force à renoncer à l'explication de l'accroissement du grain cristallin.

Si ces raisonnements sont justes, nous sommes entraînés, *volens nolens*, à revenir, pour l'explication du mouvement des glaciers, à l'ancienne théorie de la dilatation, théorie si souvent modifiée, si souvent réfutée, théorie qui a si souvent surgi de nouveau quand elle était le plus abattue. En laissant de côté les formes antiques de la théorie, celles de Scheuchzer, de Charpentier et d'Agassiz, je serais disposé à me ranger à côté de Hugi et de Grad, en modifiant un peu leurs hypothèses.

Le grain du glacier s'accroît annuellement; donc, la masse du glacier s'accroît aussi annuellement. L'accrois-

[1] D'après les mesures d'Agassiz, il y avait en 1845-46 le grand maximum de vitesse au mois de juin, et un second maximum en septembre; d'après celles de Forbes, 1844-45, une progression dans la vitesse depuis janvier à juillet, et décroissance depuis août.

sement annuel en volume du grain cristallin est de 43 pour mille en moyenne, soit comme 1,000 : 1,043.

L'accroissement en diamètre sera comme les racines cubiques de ces deux chiffres, soit comme 1,000 : 1,014.

Si chacune des parties élémentaires du glacier s'accroît de 4 $^1/_2$ pour cent en volume et de 1 $^1/_2$ pour cent en diamètre, la masse entière s'accroît de la même quantité proportionnelle. Par conséquent, le glacier, dans sa masse entière, doit chaque année se gonfler, se dilater dans tous les sens de 1 $^1/_2$ pour cent dans ses dimensions linéaires.

L'augmentation en épaisseur et en largeur disparaît plus ou moins sous l'action contraire, bien autrement efficace de l'ablation superficielle; l'augmentation en longueur se traduit par l'écoulement du glacier.

— Voyons encore ici si l'observation répond à l'hypothèse.

L'accroissement en épaisseur, le gonflement du glacier, a été fréquemment observé. Hugi[1], Agassiz[2] et d'autres ont vu la surface du glacier se relever en hiver et au printemps. — Le rejet à la surface des corps ensevelis dans le glacier semble aussi indiquer un gonflement des parties profondes de la masse.

L'expansion en largeur est constatée par les faits de déviation latérale et de mouvement transversal observés par Agassiz, Schlagintweit et le Club alpin suisse.

L'expansion en longueur a été mesurée sur plusieurs glaciers. Les chiffres que nous possédons sur le mouvement annuel sont-ils du même ordre que ceux que nous donne notre hypothèse? C'est ce qu'un calcul bien simple nous montrera.

[1] Hugi, das Wesen der Gletscher, p. 96 sq.

[2] Agassiz, Nouvelles études, p. 559 sq.

Le glacier du Rhône, d'après les mesures du Club alpin suisse (1874 à 1881), dans son profil supérieur, avance par an de 100 m. environ (chaîne des pierres rouges). La longueur du glacier, depuis le Schneestock à ce profil, est de 6 kilomètres environ. Pour cette longueur, une vitesse annuelle de 100 m. correspond à un allongement de 1,7 pour cent.

D'après le déplacement de la cabane de Hugi, de 1827 à 1840, le glacier de l'Unteraar, dans la région de l'Abschwung, avance de 100 m. environ par an; la distance de cette région jusqu'à l'origine du glacier à la Strahleck est d'environ 8000 m.; cela correspond à un allongement annuel de 1,25 pour cent.

D'après Forbes, l'avancement annuel de la Mer de glace de Chamounix, près du Montanvert, est de 268 m. Si nous admettons une longueur du glacier, depuis ses origines au Géant, de 14 kil., cela correspondrait à une dilatation annuelle de 1,9 pour cent.

D'après le cheminement de l'échelle de Saussure entre la Noire et les Moulins de la Mer de glace, qui représente une vitesse moyenne annuelle de 90 à 100 m., si l'on admet une longueur du glacier de 6 kil. depuis le Géant jusqu'à moitié distance entre l'Aiguille noire et les Moulins, l'on arrive à une dilatation annuelle de 1,5 à 1,7 pour cent.

Ces valeurs sont du même ordre que celles que nous donne notre hypothèse d'un accroissement annuel du grain cristallin de 1,4 pour cent en diamètre.

— Nous revenons donc par un chemin indirect à la théorie de la dilatation.

Est-ce que le mot de dilatation exprime bien le phénomène tel que je le comprends? La vieille théorie de la

dilatation attribuait les mouvements du glacier à l'expansion de l'eau contenue dans les fissures capillaires au moment de sa congélation ; en passant de l'état fluide à l'état solide, l'eau augmente son volume de 0,08 environ. Cette expansion a une puissance presque irrésistible ; c'est elle qui fait éclater une bombe de fer dans l'expérience de laboratoire ; c'est elle qui, pendant l'hiver, détache sur les parois des montagnes les rochers qui s'éboulent dans la vallée, lors du dégel du printemps.

La force que je vois en jeu dans l'accroissement du grain du glacier, celle qu'Hugi et Grad ont invoquée pour expliquer le mouvement du glacier, agit tout différemment ; c'est l'affinité moléculaire qui fait augmenter le cristal dans l'eau mère où il est plongé. Le cristal est placé dans des conditions telles qu'il doit augmenter de volume ; il est baigné par de l'eau à zéro qui se refroidit ; cette eau ne peut perdre de la chaleur qu'en changeant d'état, qu'en passant à l'état de glace ; cette glace, sous l'action des forces moléculaires, s'ajoute en couches nouvelles dans les mêmes plans de cristallisation à la périphérie de l'ancien grain cristallin. Le grain cristallin augmente de volume.

La dilatation de l'eau au moment de la congélation n'entre donc pas précisément en jeu, et le phénomène, tel que je l'entrevois, ne doit pas être classé dans les théories de dilatation, mais doit être désigné sous le nom d'*accroissement du grain cristallin.*

Dilatation ou accroissement du grain cristallin, les difficultés théoriques qui ont arrêté les auteurs sont à peu près les mêmes. Indiquons rapidement quelques-unes des objections qui me seront opposées ; j'aurai sans doute à y revenir si mon hypothèse résiste au premier feu de la discussion.

— Et d'abord: Pourquoi ne pas en rester à la théorie de l'écoulement basée sur l'action unique de la pesanteur? Ma réponse sera très simple : Parce qu'aucune des formes de la théorie ne tient compte d'une manière suffisante du grain du glacier.

Ceux qui voient dans le glacier une masse visqueuse, semi-fluide (Forbes), négligent le fait que les cristaux ne sont pas déformés, que, par conséquent, les molécules ne se sont pas déplacées les unes sur les autres, n'ont pas coulé.

Ceux qui font intervenir la liquéfaction successive des parties inférieures sous l'influence de la pression et la reproduction de la glace sitôt que la pression a cessé d'agir sur le liquide (J. Thomson), ceux qui se contentent de la plasticité de la glace sous l'action de la pression (Tyndall) négligent la structure cristalline du grain du glacier et son accroissement.

Et quand mon ami Heim fait avec raison intervenir ce grain de glacier dans la théorie de l'écoulement, lorsqu'il croit le produire mécaniquement en brisant en éclats le bloc de glace écrasé par la presse hydraulique, il oublie que le grain du glacier n'est pas un fragment de glace, mais qu'il est un cristal qui s'accroît avec l'âge [1].

Toute théorie du mouvement qui n'est pas basée sur la

[1] Je ne parle pas ici des grosses difficultés des théories de l'écoulement basées uniquement sur l'effet de la pesanteur : le mouvement des glaciers dans une vallée très peu inclinée, la vitesse des glaciers fonction de la longueur et non de l'inclinaison du lit, la marche des anciens glaciers dans la plaine suisse, la striation des roches sur des contre-pentes, etc. Mon intention n'est pas de discuter aujourd'hui toutes les faces de la question ; je veux seulement rappeler à nouveau un point de vue qui a été trop négligé.

structure fondamentale du glacier, structure que la glace de glacier n'a en commun avec aucune autre glace, structure cristalline irrégulière, grains cristallins à orientation quelconque, enchâssés les uns dans les autres, grains cristallins s'accroissant avec le temps du haut en bas du glacier, cette théorie est insuffisante et néglige le fait probablement essentiel.

— La première difficulté, la grande objection qui est toujours opposée à la théorie de la dilatation, c'est ce que nous savons sur la température centrale du glacier. Il est admis qu'elle reste à 0°, invariablement et constamment. Cette opinion est basée sur les expériences d'Agassiz au glacier de l'Aar. Reprenons ces expériences et voyons si elles sont aussi concluantes qu'on le dit généralement.

Les observations de l'été de 1840, dans des trous forés dans le glacier jusqu'à 8 m. de profondeur, montrent toutes une température de — 0°,3, confirmée par le fait que les instruments descendus dans ces trous et y séjournant quelques heures étaient toujours grippés à la glace et qu'il était nécessaire d'employer de l'eau chaude pour les dégager[1]. Pendant le mois d'août 1840, dans la station de l'Hôtel des Neuchâtelois au glacier de l'Aar, la masse du glacier était encore, jusqu'à 8 m. de profondeur, à $^1/_3$ de degré au-dessous de zéro. La croûte superficielle de 1 m. d'épaisseur était seule remontée à 0°.

Dans l'été de 1842, au mois de juillet, dans la même localité, des thermomètres descendus à 4 m., à 30 et à 60 m. de profondeur marquaient invariablement 0°. Dans

[1] L. Agassiz, Nouvelles études sur les glaciers actuels, p. 421. Paris, 1847.

cette saison le glacier était déjà, d'après Agassiz, à cette station, remonté à 0° sur une épaisseur de 60 m [1].

Cette conclusion n'est pas certaine. Si l'on étudie la description qu'Agassiz a donnée à l'*Edinburgh's new philosophical journal*, 1842 [2], de ses procédés de forage du glacier, on voit qu'il faisait remplir d'eau les trous pendant le jour, et qu'il facilitait ainsi grandement l'opération du forage. Mais il en résultait que la glace du fond de son trou était ramenée à la température de zéro; alors même que le soir il avait soin de faire vider d'eau le trou de sonde avant d'y engager le thermomètre, il est évident qu'il restait assez d'eau dans la cavité et dans les fissures capillaires de la glace pour empêcher que, dans les quelques heures de la nuit, le fond du trou reprît la température même du glacier, si cette température était au-dessous de zéro.

Il est même un détail qui semble prouver que, pendant ces opérations, le corps du glacier était plus froid que 0°. Lorsque le forage eut atteint la profondeur de 23 m., il y eut une interruption dans le travail; lorsqu'au bout de quelques jours on reprit l'ouvrage, on constata un rétrécissement du trou de sonde de 15 millim. en diamètre, rétrécissement qui fut sensible depuis la surface jusqu'au fond. Il y avait eu gonflement de la glace. Ne devons-nous pas attribuer cette expansion à la formation de nouvelles couches de glace, soit sur les parois du trou, soit entre les grains du glacier, baignés par l'eau du forage? Or, cette formation de glace n'a pu avoir lieu que si le corps

[1] L. Agassiz, Études sur les glaciers, p. 202. Neuchâtel, 1840. — E. Desor, Excursions et séjours dans les glaciers, p. 184. Neuchâtel, 1844.

[2] Traduite dans Desor, loc. cit., p. 295.

du glacier livrait du froid à l'eau, que s'il était, dans la profondeur, à une température inférieure à 0°.

J'estime que ces expériences d'Agassiz dans les trous de 30 et de 60 m. de profondeur ne sont pas démonstratives dans le sens qui leur est généralement attribué.

Un thermométrographe[1], enfoncé dans le glacier en 1842 et sorti seulement en 1844, après avoir séjourné ainsi deux hivers à une profondeur de $2^m,1$ marquait, d'après la lecture de M. E. Desor, — 2°,1. Agassiz ajoute : « Je ne pense pas que le chiffre ci-dessus indique nécessairement le minimum de l'année, car, comme on a dû employer de l'eau chaude pour dégager l'instrument, il serait possible que le flotteur fût tombé de quelques degrés dans cette opération. Ce qui est évident, c'est qu'il a au moins fait cette température dans l'intérieur du glacier. »

Au mois de mars 1841, Agassiz a constaté une température de — 3° sous $2^m,6$ de neige à l'Hospice du Grimsel, et de — 4° à la même profondeur à côté de l'Hôtel des Neuchâtelois, sur le glacier de l'Aar.

De ces chiffres il m'est impossible de conclure que pendant l'hiver le corps du glacier reste à la température de la glace fondante. Il en résulte au contraire que le froid pénètre dans le glacier d'une manière évidente et sensible. De nouvelles expériences dans cette direction me semblent indispensables, mais je ne puis voir dans les expériences d'Agassiz aucune objection irréfutable aux hypothèses de la dilatation du glacier.

Une autre série d'observations semblent plus dé-

[1] L. Agassiz, Nouvelles études, p. 425.

monstratives : ce sont celles que F.-J. Hugi[1] a faites en janvier 1832 sur la Mer de glace de Grindelwald. Il se fit descendre dans des crevasses jusqu'à une profondeur de 50 à 60 m., pour y faire diverses études : entre autres il mesura la température de la glace dans les parois des crevasses. A la surface des parois, la glace avait une température de — 5 à — 6° ; mais en pénétrant jusqu'à $1^m,20$ dans le glacier, les thermométrographes remontaient toujours à 0° ou à quelque peu plus bas. Le détail de l'observation n'est pas décrit avec assez d'exactitude, et je ne puis me rendre compte si les précautions nécessaires ont été prises pour avoir réellement la température de la masse de glace ; si, en particulier, étant donnée la très lente propagation de la chaleur dans la glace, Hugi a laissé assez longtemps ses instruments pour que la chaleur développée pendant l'action du forage ait disparu dans la profondeur de la glace.

Quoi qu'il en soit, même en admettant qu'en janvier le froid n'ait pas encore pénétré à plus de $1^m,20$ de profondeur sur les parois d'une crevasse, il n'y aurait pas encore là une objection décisive à l'hypothèse. Ainsi que nous l'avons vu, une notable partie de l'accroissement du glacier a lieu en automne par la cristallisation de l'eau restée depuis l'été dans les fentes capillaires. Or tant qu'il y a encore de l'eau, la glace ne peut se refroidir au-dessous de 0° ; ce n'est que lorsque cette solidification automnale est terminée que la température du glacier peut s'abaisser. Au mois de janvier 1832, à supposer les observations exactes, le froid pénétrant dans la masse de glace avait été tout entier absorbé dans la solidification

[1] J. Hugi, Das Wesen der Gletscher, p. 28.

de l'eau; à partir de ce moment seulement, il a pu agir en abaissant la température de la glace.

Dans cette observation, il est un fait qui montre que le glacier se refroidissait puissamment pendant ce mois de janvier 1832, c'est la température étrange que Hugi a constatée dans l'air des crevasses où il descendait. Tandis que l'atmosphère de toute la vallée, et en particulier celle de la surface du glacier, ne s'élevait pas au-dessus de — 15° à — 19°, dans le fond des crevasses, l'air avait une température de — 7°,5 à — 9°. L'air le moins froid étant le plus léger, il devait y avoir renouvellement fréquent de l'air dans ces crevasses; et cependant la température y était de 6 à 10° plus chaude qu'à l'extérieur. Dans les crevasses l'air était donc réchauffé par le glacier; donc le glacier perdait de la chaleur, et se refroidissait.

Une des objections qui me seront faites est la suivante : le glacier continue son mouvement pendant l'hiver; or en hiver il n'y a plus de fusion superficielle, par conséquent plus d'eau; et cependant l'eau est nécessaire à la cristallisation de la glace pour l'augmentation du grain du glacier.

Pour répondre à cette objection, étudions d'après les faits connus les allures du glacier aux diverses saisons. D'après les observations d'Agassiz au glacier de l'Aar, stations du Trift et de l'Hôtel des Neuchâtelois, 1845-46, et de Forbes à la Mer de glace de Chamonix, 1844-45, voici en centimètres la valeur journalière de l'écoulement des glaciers aux divers mois de l'année :

	Mer de glace.	Glacier de l'Aar.	
		Hôtel des Neuchâtelois.	Trift
	cm.	cm.	cm.
Août	—	21	—
Septembre	—	23	20
Octobre	76	19	17
Novembre	54	16	16
Décembre	29	14	18
Janvier	33	25	18
Février	39	25	17
Mars	43	20	17
Avril	48	25	19
Mai	78	36	29
Juin	102	33	28
Juillet	130	16	22
Août	108	—	—
Septembre	91	—	—
Octobre	92	—	—
Novembre	77	—	—

D'après ces chiffres l'écoulement du glacier a sa valeur maximale au commencement ou au milieu de l'été; il se ralentit progressivement jusqu'au milieu de l'hiver, et il reprend en énergie dès les mois de janvier, de mars ou d'avril, suivant l'année ou la localité.

Il y a donc trois faits à expliquer :

1° Le mouvement qui continue dans la saison où la fonte superficielle cesse d'être constante, soit à partir de septembre ou octobre. Si le glacier commence à geler à sa surface, il ne s'ensuit pas que l'eau d'infiltration soit immédiatement congelée dans toute l'épaisseur du glacier; pendant longtemps encore le glacier est imbibé d'eau

dans ses fissures capillaires, et cette eau continue à descendre lentement dans la profondeur. Arrivant au contact des masses encore refroidies dans l'hiver précédent, l'eau les réchauffe en se cristallisant, et le procès de l'accroissement du grain cristallin continue dans les profondeurs; de là, à ce que je crois, continuation de l'expansion du glacier, tant qu'il y a de l'eau d'imbibition[1].

2° La décroissance continue de la vitesse de l'écoulement jusqu'au milieu ou à la fin de l'hiver s'explique par l'extinction successive de l'eau d'imbibition, qui se congèle, soit dans les couches profondes aux dépens du froid de l'hiver précédent, soit dans les couches superficielles, par l'action du froid de l'hiver actuel; cette eau disparaît de plus en plus, et elle contribue de moins en moins au procès de l'accroissement du grain cristallin.

3° La reprise du mouvement, dans le milieu de l'hiver ou au premier printemps, s'explique par les jours relativement chauds qui viennent interrompre le rude hiver des régions glaciaires. Même dans les hautes vallées des Alpes il n'y a pas continuité absolue des gelées. Les observations météorologiques du St-Bernard, du Grimsel, nous montrent le thermomètre s'élevant parfois au-dessus de zéro, même dans les mois de décembre et de janvier : les journées relativement chaudes se multiplient à la fin de l'hiver, et dans les premiers mois du printemps. Il doit y avoir de temps en temps fusion de la neige, et légère

[1] La congélation automnale de l'eau restée dans les fissures capillaires à la fin de l'été doit déterminer, elle aussi, une certaine expansion du glacier, par la dilatation de l'eau qui prend l'état solide; cette expansion est, comme nous l'avons vu, très peu importante, et ne peut entrer que pour une très faible part dans le mouvement hivernal des glaciers.

imbibition superficielle du glacier, d'où commencement du procès de l'accroissement du grain cristallin dans les couches supérieures du glacier. L'expansion superficielle qui en résulte doit s'ajouter au phénomène d'expansion qui se continue dans les couches profondes, et occasionne l'accélération que l'on constate dans les mois du printemps.

Je ne puis pas voir dans la persistance de l'écoulement du glacier en hiver une objection absolue à notre théorie.

— L'on a fait d'autres objections aux théories du mouvement des glaciers basées sur la dilatation de la glace. Pourquoi le glacier s'écoule-t-il dans la vallée, et ne s'allonge-t-il pas dans les deux sens, en remontant dans la région supérieure, en descendant dans les régions inférieures ? Pourquoi la vitesse du glacier augmente-t-elle de la région supérieure à la région moyenne pour diminuer ensuite dans la région inférieure? Pourquoi le glacier s'écoule-t-il plus vite au milieu que sur les bords, à la surface qu'au fond? Comment expliquer la formation des crevasses?

La réponse à ces questions n'est pas plus facile ni plus difficile dans une théorie que dans l'autre; je ne crois pas qu'il y ait là des objections insolubles aux hypothèses que je propose. Je ne veux pas encombrer, par la discussion de ces détails, le mémoire actuel où je traite essentiellement des conditions thermiques de la masse du glacier, et je me promets de reprendre ultérieurement ces questions quand l'occasion s'en offrira.

— Un accroissement de volume annuel de 0,048 répond-il aux conditions thermiques générales d'un glacier ? Cherchons quelle est la quantité de chaleur que le glacier devrait perdre pour satisfaire à cette expansion.

Supposons à notre glacier une épaisseur moyenne de 100 mètres. Une colonne verticale d'un décimètre carré de section aurait ainsi un volume de 1000 décimètres cubes, qui s'accroissant de 0,043 donnerait la production annuelle de 43 décimètres cubes de glace pesant 40 kilogrammes. Ces 40 kilogrammes représenteraient pour leur congélation le dégagement de 3160 calories.

Si nous supposons que l'hiver dure sur le glacier 200 jours, cela suppose le dégagement de 16 calories par jour et par décimètre carré de la surface du glacier.

Est-ce dans les limites de la possibilité? La glace, dans ces conditions, peut-elle perdre autant de chaleur? Je ne connais pas d'expériences directes qui le prouvent; je n'ai que des termes de comparaison.

Le 23 décembre 1879, j'ai mesuré sur le lac de Morat la couche de glace qui s'était formée depuis le jour de la congélation du lac, le 18 du même mois ; j'en ai conclu que l'émission de chaleur correspondant à l'épaisseur de 11 centim. de glace avait été, par jour, de 16 calories par décimètre carré [1]. Pendant les six journées où la congélation s'opérait, les observations de Neuchâtel nous donnent une idée de l'état de l'atmosphère. La température a été en moyenne à —10°,6, la moyenne de la journée variant entre — 7°,7 et — 13°2. Quant à la nébulosité, le ciel a été entièrement couvert à Neuchâtel, sauf dans l'après-midi et la soirée du 18 décembre [2].

Le 8 février 1880, la glace du lac de Zurich mesurait 30 centim. d'épaisseur, la congélation du lac durait de-

[1] F.-A. Forel, Congélation des lacs suisses et savoyards, *Écho des Alpes*, XVI, 101. Genève, 1880.

[2] *Schw. meteorol. Beobacht.*, XVI.

puis le 22 janvier, l'émission de chaleur avait été en moyenne de 13 calories par jour et par décimètre carré de surface. Pendant la période de congélation, la température moyenne a été à l'Observatoire de Zurich —8°,1.

La nébulosité était en moyenne à	7 h. mat.	9.8
»	1 h. soir.	4.2
»	9 h. soir.	4.6

le ciel entièrement couvert étant noté par le chiffre 10. Les journées et les soirées étaient en général claires, les matinées absolument couvertes [1].

Nous n'avons donc besoin dans notre hypothèse que d'un dégagement de chaleur sur le glacier, pendant 200 jours, à peu près analogue à celui que nous avons observé sur les lacs de Morat et de Zurich pendant le grand hiver de 1879 à 1880. Les conditions thermiques sont cependant bien plus favorables sur le glacier à un fort dégagement de chaleur.

En effet, s'il faisait froid dans la plaine suisse pendant ces mois de décembre 1879 et janvier 1880, qu'était ce froid en comparaison de celui qui existe pendant tout l'hiver dans la région des glaciers? La grande différence au point de vue du refroidissement entre ces deux régions doit surtout tenir à la chaleur rayonnante; dans la plaine l'air est toujours, et était spécialement pendant la période qui nous a servi de terme de comparaison, ou saturé

[1] M. Lucien de la Rive a mesuré, en 1864, sur de la glace ayant 4 jours et demi, une épaisseur de 10 cent. correspondant aussi à un dégagement de 16 à 17 calories par jour et par décimètre carré. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1864, XIX, 199.

D'après une obligeante communication de M. W. Ripley Nichols, de Boston, on peut voir sur l'Hudson, par une température minimale de —26°, la formation de 5 cent. de glace en une nuit. Cela correspond au dégagement de 36 calories par décimètre carré.

d'humidité ou à peu près, et le ciel nuageux; sur la montagne, pendant l'hiver, l'air est sec, le ciel est serein et la radiation est énorme.

Un second point qui doit être noté pour comprendre les chiffres que nous comparons, est le fait que le glacier est presque partout couvert de neige et de givre, lesquels, en leur qualité de corps rugueux, émettent beaucoup plus de chaleur que la glace unie des lacs[1].

Un troisième point qu'il ne faut pas non plus négliger, c'est que si la glace des lacs se refroidit par sa surface supérieure parfaitement plane, le glacier a une surface beaucoup plus compliquée, déchirée de crevasses et d'escarpements; que ses faces latérales, et même inférieures, lorsqu'elles ne sont pas trop obstruées par la neige, sont en contact avec l'air, et se refroidissent aussi notablement.

En somme, de cette comparaison il ressort pour moi l'impression que la quantité de chaleur perdue en hiver par le glacier doit suffire pour expliquer l'accroissement du grain du glacier, tel que nous le connaissons.

— Si nous avons assez de froid pour congeler l'eau, avons-nous assez d'eau pour satisfaire à l'augmentation du glacier?

L'eau est fournie au glacier :

a. par condensation directe sur la masse glacée lorsque le point de saturation de l'air est au-dessus de la température de la glace.

b. par la pluie.

[1] Au bout de quelques jours la glace des lacs était couverte de givre, mais dans les premiers jours elle était parfaitement polie.

c. par la fusion en été des neiges de l'hiver accumulées sur le glacier.

d. par la fusion des couches superficielles du glacier quand celles-ci sont débarrassées de la neige.

Tout cela forme l'eau d'imbibition qui pénètre dans le glacier et lui porte de la chaleur.

Quelle est la quantité d'eau nécessaire pour répondre à l'accroissement du grain du glacier ? — Si le glacier a 100 mètres d'épaisseur moyenne, le 4 et demi pour cent d'accroissement en volume que nos hypothèses nous ont montré être probable, représente $4^{m},5$ d'augmentation annuelle de l'épaisseur du glacier; pour cela, il faut sur la surface du glacier une couche de $4^{m},5$ d'eau. Or, cette quantité d'eau, nous en avons une partie dans l'eau météorique (pluie, neige et eau de condensation) qui, dans nos Alpes, atteint en moyenne un mètre ou deux de hauteur annuelle; nous l'avons en second lieu dans la fusion des couches superficielles du glacier (ablation) qui perdent suivant la région, 1 ou 3 ou 6 mètres par an.

Une partie de cette eau d'imbibition est absorbée par le glacier, et reste dans la masse sous la forme d'augmentation du grain du glacier ; s'il y a excès d'eau, elle s'écoule dans le torrent glaciaire. Nous avons amplement assez d'eau pour satisfaire aux nécessités de l'hypothèse.

— Si nous analysons cette question de la transformation de l'eau d'imbibition en glace, nous ferons une distinction importante.

La quantité de chaleur absorbée par les diverses régions du glacier est d'autant plus faible que la région est plus élevée ; nous pouvons à ce point de vue diviser le glacier en régions.

Dans la première région, la chaleur de l'été ne suffit pas à fondre toute la couche de neige tombée pendant l'année ; une partie seulement est transformée en eau et est immédiatement absorbée par les couches profondes; l'excès reste sous forme de neige; l'épaisseur de la neige s'accroît chaque année. C'est le *névé*.

Dans la seconde région, la chaleur de l'été suffit à fondre la neige tombée pendant l'hiver, puis elle attaque les couches superficielles de la glace (ablation). C'est le *glacier* proprement dit.

La ligne de séparation entre le névé et le glacier varie d'altitude suivant la quantité de neige tombée dans l'hiver (ou les hivers précédents) et la quantité de chaleur absorbée pendant l'été. C'est la ligne suivant laquelle toute la chaleur de l'été est absorbée par la fusion de la neige, mais suffit à fondre toute la neige.

Revenons au glacier proprement dit. La quantité d'eau d'imbibition produite par la chaleur de l'été va en croissant depuis l'origine du glacier jusqu'à son extrémité terminale ; d'une autre part, la quantité de chaleur perdue pendant l'hiver décroît dans la même direction ; le haut du glacier emmagasine plus de froid en hiver que le glacier inférieur.

La compensation qui se produit en été par l'accroissement du grain du glacier est donc soumise à des conditions variables. Dans la région supérieure du glacier, il y a peu d'eau produite, il y a beaucoup de froid emmagasiné ; toute l'eau sera utilisée par l'accroissement des cristaux de glace ; il y aura même déficit d'eau, et le torrent glaciaire restera à sec au fond du glacier. Dans cette région, toute l'eau d'imbibition sera absorbée par le glacier qui augmentera de volume; le glacier, dans son ensemble, accroîtra son épaisseur.

Dans la région inférieure, au contraire, il y a peu de froid emmagasiné pendant l'hiver, il y a beaucoup d'eau produite en été; l'accroissement du grain du glacier n'utilisera qu'une partie de l'eau d'imbibition, l'excès d'eau s'écoulera dans le torrent glaciaire. Le glacier diminuera de volume, il décroîtra d'épaisseur.

Il y a donc lieu de faire une distinction dans le glacier entre ces deux régions : la région supérieure, région de croissance, d'augmentation de volume, région de jeunesse dans laquelle le glacier se développe; c'est le *glacier adolescent.*

La région inférieure, région de déclin, de décroissance, d'amaigrissement, région de vieillesse, où le glacier se détruit ; c'est le *glacier sénile.*

La ligne de séparation entre ces deux régions du glacier n'est pas apparente à la surface, c'est le point où commence le torrent glaciaire ; sa hauteur doit varier chaque année avec le froid de l'hiver et la chaleur de l'été.

Nous avons ainsi trois régions séparées par deux lignes.

1° *Névé* (enfance du glacier). Excès de neige, la chaleur de l'été ne suffit pas à fondre la neige de l'année. Toute l'eau produite est absorbée et assimilée par les couches glacées : température profonde inférieure à zéro.

Ligne de séparation. La chaleur de l'été suffit à fondre toute la neige de l'hiver. Il n'y a pas d'excès de chaleur pour attaquer la glace.

2° *Glacier adolescent.* La chaleur de l'été fond toute la neige de l'hiver et attaque par ablation une partie de la glace. Toute l'eau d'imbibition est absorbée et assimilée par la glace: température profonde inférieure à zéro, même à la fin de l'été.

Ligne de séparation. Toute l'eau d'imbibition est absorbée par l'accroissement du grain du glacier. Il n'y a pas d'excès d'eau d'imbibition. Commencement du torrent glaciaire à la fin de l'été. A la fin de l'été, la température profonde arrive à 0°.

3° *Glacier sénile.* La chaleur de l'été est en excès, l'eau d'imbibition dépasse la quantité nécessaire au réchauffement de la glace qui remonte à 0° et l'excès d'eau s'écoule dans le torrent glaciaire. Température du glacier à 0° pendant l'été.

— Cette distinction me semble fort importante; elle rend compte de l'existence possible de très longs glaciers.

En effet, si l'on n'admet pas cet âge d'adolescence du glacier dans lequel il se renouvelle, s'accroît, dans lequel il y a restauration partielle ou totale de la glace fondue, soit par utilisation de la neige de l'hiver, soit par réutilisation des matériaux provenant de la fusion superficielle du glacier, l'on ne peut comprendre ni l'existence des anciens glaciers, ni même celle de nos grands glaciers actuels. Ce que, dans les glaciers actuels, nous savons des valeurs de l'ablation et de la vitesse d'écoulement nous amènerait à des épaisseurs impossibles.

Supposons un glacier de 8 kilom. de long, marchant annuellement avec une vitesse de 50 mètres, avec une ablation moyenne de 3 ou 5 mètres, cela nous amènerait à des épaisseurs de 500 à 800 mètres à l'origine de ce glacier.

Et quant aux glaciers anciens, le glacier du Rhône de l'époque quaternaire, par exemple, qui s'écoulait jusqu'à Bellegarde et à Lyon, leur existence est incompréhensible si l'on admet la destruction continue de la glace sans restauration, sans réassimilation, depuis la limite du névé;

quelle rapidité de progression, quelle épaisseur à l'origine, ou quelle faiblesse d'ablation devrions-nous supposer si nous ne pouvions faire intervenir un rajeunissement continu du glacier, une nutrition, même dans l'état de sénilité du glacier?

Or, ce rajeunissement du glacier, cette nutrition ne peuvent avoir lieu si le glacier ne perd pas en hiver de la chaleur, si sa masse, au lieu d'être à zéro comme on l'admet généralement, n'est pas, comme je le crois, à la fin de l'hiver, à quelques degrés au-dessous de zéro.

Avec notre hypothèse, tout s'arrange fort bien. Sur le névé et sur la partie adolescente du glacier, toute la chaleur de l'été est employée à faire progresser le glacier; dans la partie sénile du glacier, l'excès de chaleur est employé à la destruction du glacier.

— Je résumerai en quelques mots le procès de la nutrition et de l'accroissement du glacier.

Pendant l'hiver perte de chaleur; pendant l'été absorption de chaleur, fusion superficielle, restitution partielle de cette chaleur au glacier par la congélation de l'eau, d'où accroissement du grain du glacier : toute la chaleur qui n'est pas employée à la destruction du glacier dans la région sénile est transformée en augmentation de volume et, par suite, en mouvement.

—Avant de terminer, il est un point que je désire affirmer de la manière la plus nette. Tout en étant engagé par les considérations ci-dessus exposées à revenir aux théories de la dilatation, en les donnant sous la forme de l'accroissement du grain cristallin, je n'entends point renoncer aux conquêtes faites dans les dernières années par l'étude des propriétés de la glace; je ne veux point me refuser à utiliser les effets de la pesanteur sur la glace, substance

plastique sous la pression et inextensible, que l'on sait être douée de la propriété de la regélation. Il est certains points des glaciers où la pesanteur agit de la manière la plus évidente. Ainsi les cascades de glaces (glacier du Rhône), où l'on voit les blocs de glace, poussés sur la crête d'un escarpement, tomber les uns sur les autres en se brisant; ils s'entassent, se ressoudent et reforment un glacier aussi compacte et aussi parfait que s'il n'avait jamais subi ce bouleversement fondamental. Ainsi, la formation des crevasses transversales aux points où le lit du glacier subit une exagération de pente, leur fermeture là où le glacier revient sur un fond plat.

Ces faits, parfaitement expliqués par Hopkins, Forbes, Tyndall, etc., n'ont rien à faire avec la structure cristalline du glacier.

Ainsi encore, l'écoulement tout à fait exceptionnel et spécial de quelques glaciers, le Vernagt dans l'Œtzthal, le Defdoraki dans le Caucase, peut-être le Zigiorenove dans le Val d'Héremence, qui sont probablement des cas de glissement, d'avalanche de glace s'écoulant comme un fleuve de boue sur un lit assez fortement incliné.

Jusqu'à quel point faut-il, pour l'explication de l'écoulement du glacier, faire intervenir l'action de la pesanteur, et les propriétés de plasticité et de regélation de la glace pour les combiner avec l'accroissement du grain cristallin? cela doit être réservé à une étude ultérieure, quand nous aurons pour nos calculs des chiffres d'observations précises sur la grosseur du grain du glacier.

Après avoir, dans les pages précédentes, esquissé la théorie du glacier telle qu'elle me semble devoir être

déduite des faits, il me reste à rechercher dans la littérature scientifique quels sont les auteurs qui ont déjà vu ou entrevu ces mêmes faits et cette même théorie. Depuis soixante ans que tant de physiciens se sont attachés à ces problèmes, tous les points de vue possibles ont été présentés; nous ne pouvons plus avoir la prétention d'inventer du nouveau; nous ne pouvons, après avoir étudié les faits et en avoir déduit nos conclusions, que retrouver les auteurs à côté desquels nous nous rangerons dans la discussion scientifique.

Le premier de tous, celui auquel on revient toujours dans les études glaciaires, c'est Fr.-Jos. Hugi, le vaillant naturaliste de Soleure. C'est lui qui, le premier, a décrit les grains du glacier, et sa description est excellente [1], qui les a désignés sous le nom de cristaux du glacier, qui a reconnu leur accroissement et qui a attribué à cet accroissement la progression du glacier. Malheureusement pour lui, il a compliqué et gâté sa théorie par des idées un peu étranges sur les relations du glacier avec l'air atmosphérique; il a exagéré beaucoup les effets de l'évaporation et de la condensation de la vapeur d'eau sur la glace, et il a fini par attribuer tout l'accroissement du grain du glacier à la congélation de la vapeur d'eau de l'atmosphère condensée dans l'intérieur du glacier [2].

Comme cela arrive trop souvent, l'on n'a fait attention qu'à la partie faible de ses hypothèses, et la critique sanglante qu'en ont faite ses adversaires, a fait négliger et mettre de côté les observations importantes et les théories

[1] J. Hugi, Naturhistorische Alpenreise, p. 341. Solothurn, 1830.

[2] Hugi, Das Wesen der Gletscher, § 54. Stuttgart, 1842. — Die Gletscher und die erratischen Blöcke, p. 37. Solothurn, 1843.

parfaitement saines du courageux explorateur. Les neuf dixièmes de son œuvre sont excellents; l'on ne s'est attaché qu'au dixième qui n'était que des rêveries, et l'on a laissé dans l'oubli ce qui, si je ne me trompe, était la meilleure théorie des mouvements des glaciers, bien supérieure aux hypothèses qui ont trop longtemps triomphé.

J. de Charpentier était dans le vrai en attribuant l'accroissement du glacier à la congélation de l'eau de fusion de la surface pénétrant dans la profondeur par les fissures capillaires; mais il se trompait certainement quand il cherchait dans le refroidissement nocturne la cause de la production de la nouvelle glace [1].

L. Agassiz, qui avait fort bien compris le mécanisme du glacier et auquel nous devons tant d'excellentes observations, a été troublé par ses expériences sur la température de l'intérieur du glacier; il a admis et fait admettre que la masse du glacier reste toujours à la température de la glace fondante. De là l'indécision évidente que l'on remarque dans sa théorie définitive du mouvement du glacier [2].

H. Ladame, de Neuchâtel, en 1842 [3] a étudié les transformations de la neige farineuse en neige grenue et en glace compacte; sa théorie du réchauffement et du refroidissement du glacier est excellente.

C. Nicolet, de la Chaux-de-Fonds, a fait en 1844 d'intéressantes observations sur les transformations de la neige sous l'influence des alternatives de gelée et de dé-

[1] J. de Charpentier, Essai sur les glaciers, p. 14 et 103. Lausanne, 1841.

[2] L. Agassiz, Nouvelles recherches, p. 538. Paris, 1847.

[3] *Bull. Soc. sc. nat. Neuchâtel*, 1844, I, 189.

gel. En arrosant de la neige très froide avec de l'eau à zéro il a obtenu du névé [1].

E. de Beaumont a fort bien expliqué comment le froid s'accumule en hiver dans le glacier. Le glacier progresse par suite de l'augmentation de substance due à la congélation de l'eau. « Cette congélation dans l'intérieur du glacier ne peut s'opérer sans une soustraction considérable de chaleur. Le phénomène ne se concevrait aisément qu'autant qu'il existerait dans l'intérieur du glacier avant l'introduction de l'eau une sorte de magasin de froid. Ce magasin de froid ne peut provenir des variations diurnes de la température; les variations annuelles sont seules capables de le produire. Pendant l'hiver, la température de la surface s'abaisse fort au-dessous de 0°, et cette basse température pénètre, quoique avec un affaiblissement graduel, dans l'intérieur de la masse. Au printemps les rayons du soleil fondent la neige de la surface, produisent de l'eau à 0° qui tombe dans le glacier refroidi et fendillé. Cette eau s'y congèle à l'instant en laissant dégager de la chaleur qui tend à ramener le glacier à 0° et le phénomène se continue jusqu'à ce que la masse entière du glacier refroidi soit ramenée à la température de 0°... C'est ainsi que le glacier s'augmente par intussusception [2]. »

Dollfus-Ausset me semble avoir très bien compris le phénomène de ce qu'il appelle l'assimilation de l'eau dans la nutrition du glacier. « Une partie des eaux qui s'infiltrent dans les glaciers à toutes les altitudes est élaborée par le

[1] *Bull. Soc. sc. nat. Neuchâtel*, I, 268 sq.

[2] E. de Beaumont, Influence du froid extérieur sur la formation des glaciers. *Bibl. univ.*, 1842, XLI, 187. Genève.

glacier ; elle grossit les cristaux polyèdres dont la glace est formée; c'est une vraie eau de cristallisation, une eau mère qui nourrit les cristaux de glace dont le glacier est composé ou qui est assimilée à la glace dans les conduits capillaires ou autres. Toutes les eaux d'ablation ne sortent pas des glaciers en totalité ; une partie très notable est assimilée par le glacier, et c'est par cette assimilation qu'il progresse en longueur, largeur et hauteur suivant sa masse générale et locale..... Mais en hiver les glaciers ne reçoivent point d'eau d'ablation, et pourtant ils progressent comme en été..... Le glacier est éminemment conservateur ; et en arrière-saison il a soin de conserver dans ses canaux et fissures espacés entre les cristaux polyèdres, une grande quantité d'eau qu'il élabore en hiver. Dans la saison rigoureuse il ne rejette pas d'eau [1]. »

M. Ch. Grad a repris en 1867 ces hypothèses en y faisant rentrer les faits constatés l'année précédente par M. A. Bertin, lequel avait reconnu que le grain du glacier est un cristal. L'eau se congèle, dit Grad, par juxtaposition à la surface des cristaux déjà existants sans former des cristaux nouveaux [2]. L'accroissement des cristaux occasionne le mouvement du glacier, Grad le dit, comme le disait autrefois Hugi.

Les déductions, hypothèses et théories que j'ai développées dans les pages précédentes demandent une double

[1] Dollfus-Ausset, Matériaux pour l'étude des glaciers, VI, 335. Paris, 1866.

[2] *Acad. des sc.*, Paris, 7 janvier 1867.

confirmation; elles doivent être appuyées par des faits d'observation et par l'expérimentation.

J'espère pouvoir, l'été prochain, aller recueillir sur les glaciers eux-mêmes des faits d'observation : j'irai mesurer avec une précision suffisante les dimensions des grains cristallins dans les différentes régions des glaciers dont le mouvement est approximativement connu; je pourrai alors vérifier par des calculs plus serrés si nos hypothèses rendent compte des faits observés. Je tâcherai de reprendre et d'élucider à nouveau la question de l'infiltration de l'eau dans le glacier. Peut-être même parviendrai-je à faire quelques observations sur la température de la masse du glacier.

En attendant j'ai essayé de l'expérimentation, et j'ai réussi de la manière suivante : Dans un appareil analogue à la sorbétière du limonadier, un peu modifiée dans sa forme, j'ai placé de la neige tombée à Morges le 23 décembre 1881, et je l'ai soumise alternativement à l'action du froid en la faisant descendre à environ — 6°, et de la chaleur en l'aspergeant d'eau à 0° ; j'avais ainsi par chaque double opération l'effet d'une année, à savoir le froid de l'hiver et la chaleur de l'été. Après une quinzaine d'opérations doubles j'ai obtenu une masse parfaitement semblable à celle du glacier, glace hyaline ou plutôt opaline, avec de nombreuses bulles d'air, formée de grains de 2 à 3^{mm} de diamètre, et présentant à la loupe tous les caractères des grains du glacier. Soumise à l'action de l'air, elle se décompose en grains polyédriques irréguliers; une goutte d'encre posée sur cette glace s'y infiltre en dessinant, comme sur la glace de glacier, le réseau irrégulier des fissures capillaires; des empreintes prises avec de la terre glaise donnent le dessin

classique des polygones irréguliers des grains du glacier. Enfin l'étude par la lumière polarisée montre une orientation quelconque des axes optiques des grains cristallins.

Cette expérience montre que l'action alternative du froid et de la chaleur suffit à transformer la neige en glace de glacier et à augmenter le cristal de glace jusqu'à ce que, limité par les cristaux voisins, il devienne le grain cristallin du glacier, et cela sans qu'il y ait aucun besoin de faire intervenir l'effet d'une pression extérieure.

NOTE

SUR

L'EXTENSION D'UNE PROPRIÉTÉ DES GAZ

AUX LIQUIDES ET AUX SOLIDES

PAR

M. C. CELLÉRIER

Dans la constitution actuellement attribuée aux gaz, la pression est supposée provenir des chocs des molécules contre les parois, et est ainsi représentée par

$$p = \Sigma 2mu,$$

la somme Σ s'étendant à tous les chocs effectués, pendant l'unité de temps ou une seconde, sur une paroi plane ayant pour surface l'unité. Pour chaque choc d'une molécule, m est sa masse, et u la composante de sa vitesse normale à la paroi.

En outre, on trouve que cette mesure de la pression est aussi un tiers de la force vive de translation du gaz compris dans l'unité de volume, en supposant la température uniforme. Je nomme ici force vive le produit de la

masse par le carré de la vitesse, et non la moitié de ce produit, comme on le fait quelquefois.

Il revient au même de dire que la force vive contenue dans un volume V de gaz, intérieur à la masse et limité par une surface arbitraire, a pour mesure $3V\Sigma 2mu$. Cette assimilation se démontre comme on sait en supposant toutes les molécules animées d'un mouvement rectiligne et uniforme, et cette démonstration resterait identiquement la même si, après avoir mené à l'intérieur de la masse un plan P ayant pour surface l'unité, on étendait la somme $\Sigma 2mu$ non plus aux chocs contre une paroi, mais aux passages effectués en une seconde par les molécules à travers le plan, dans un même sens; ou même si on la remplaçait par Σmu étendue à tous les passages effectués dans l'un et l'autre sens. La loi dont il s'agit, en remplaçant la force vive par son expression, est donc

$$(1) \qquad 3\,V\,\Sigma\,mu = \Sigma\,m\left(\frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{dt^2}\right),$$

la somme du second membre s'étendant à toutes les molécules existant dans le volume V, et celle du premier membre à tous les passages en une seconde à travers le plan P; u est pour chacun la composante de la vitesse de la molécule, normale au plan, et prise positivement.

Mon but est de démontrer que cette relation est exacte pour les mouvements thermiques des solides et des liquides aussi bien que des gaz, et ne suppose point les mouvements moléculaires rectilignes et uniformes; c'est pour cela que je l'ai mise sous une forme où l'enceinte contenant le gaz ne joue plus aucun rôle. Seulement le mouvement doit être ce que je nommerai un *mouvement*

homogène, c'est-à-dire qu'en comparant deux portions quelconques du milieu, la densité moyenne soit la même, que la vitesse moyenne des molécules qui s'y trouvent soit aussi la même, et la direction des vitesses indifférente en tous sens. Il doit être aussi *permanent*, c'est-à-dire tel que la même similitude entre les deux portions ait lieu pour des époques différentes. La relation (1) n'a lieu pour les gaz eux-mêmes que moyennant ces conditions, et c'est pour cela qu'on peut regarder la position du plan P comme indifférente. Ces mêmes caractères du mouvement se présentent dans les vibrations thermiques des solides et des liquides, quand la densité, la pression et la température sont uniformes. On doit évidemment exclure le cas d'ondes planes se propageant dans un milieu transparent; pour celles-là l'indifférence de direction des vitesses n'existe pas. Il ne s'agit que des vibrations thermiques proprement dites qui constituent le calorique, et sont d'ailleurs de nature inconnue.

Il peut se présenter d'autres exceptions apparentes à la règle: si par exemple dans un solide on supposait les mouvements thermiques d'une nature parfaitement symétrique, de même que les positions moyennes des molécules, on pourrait imaginer une position du plan P dans laquelle il ne serait jamais traversé par aucune d'elles, et pour celui-là la relation (1) serait inexacte; mais outre ce que ce cas a d'anormal, la relation est vraie en moyenne pour toute position du plan, et pour les gaz eux-mêmes elle est établie pour un état moyen. Les deux membres de l'équation (1) sont affectés d'irrégularités dans un sens ou dans l'autre.

La différence essentielle que la relation présente pour les gaz et les autres corps consiste en ce que pour les gaz seulement, Σmu mesure la pression.

Transformée de la formule (1). Nous devons remplacer les deux membres par des valeurs moyennes, de façon que les irrégularités dont je viens de parler disparaissent, et que le résultat, dans le cas des gaz et en général d'un mouvement homogène et permanent, soit une expression plus exacte et plus précise de la même loi. Et d'abord nous la remplacerons par la suivante :

$$V \Sigma mu = \Sigma m \frac{dz^2}{dt^2}, \tag{2}$$

dans laquelle le plan P auquel se rapporte la somme est supposé perpendiculaire à l'axe des z ; en effet on aurait des relations homologues en le supposant perpendiculaire aux axes des x et des y, et en ajoutant les trois résultats, dans lesquels Σmu a la même valeur, on retrouverait la relation (1). Nous figurerons l'axe des z vertical de bas en haut et le plan P horizontal.

Dans le second membre le terme correspondant à une molécule donnée ne doit être compté que si elle est intérieure au volume V ; pour l'indiquer désignons par $\varphi(t)$ une fonction du temps, propre à chaque molécule, et dont la valeur sera *o* quand la molécule est hors du volume, 1 quand elle est intérieure ; en introduisant ce facteur dans la somme, nous pourrons regarder celle-ci comme étendue à toutes les molécules du milieu. En outre, la même somme subissant de légères variations, c'est sa moyenne qu'on doit lui substituer ; la moyenne d'une fonction $f(t)$ du temps pendant la durée t' est exprimée par

$$\frac{1}{t'}\int_0^{t'} f(t)dt ;$$

c'est pendant une seconde que nous prendrons la moyenne, et l'équation (2) deviendra ainsi :

$$(3) \qquad V \Sigma mu = \int_0^1 \Sigma m \frac{dz^2}{dt^2} \varphi(t) dt.$$

Nous devons préciser de même la moyenne que représente le premier membre, et il sera plus simple d'attribuer au volume la forme d'un prisme ou cylindre vertical, de hauteur h, de base a, celle-ci ayant une forme quelconque. La somme Σ du premier membre s'étend à l'unité de surface d'un plan horizontal ; il est préférable de l'étendre à la section entière que ce plan fait dans le prisme, en divisant le résultat par a, surface de la section. En outre le passage d'une molécule à travers le plan ne doit être compté dans la somme que s'il s'effectue sur la section, mais nous l'indiquerons en introduisant le même facteur $\varphi(t)$ que ci-dessus dans la somme Σ qui s'étendra alors à toutes les molécules du milieu, et sera désignée par $f(\gamma)$, γ étant l'ordonnée du plan, dont elle dépend. On aura ainsi

$$(4) \qquad f(\gamma) = \Sigma mu\varphi(t).$$

Le premier membre de l'équation (3) deviendra ainsi $\frac{V}{a} f(\gamma)$, mais cette valeur encore doit être remplacée par une moyenne relative, non plus au temps, mais aux diverses hauteurs du plan, ou aux valeurs de γ; celle-ci varie de α à β qui désigneront les ordonnées des bases inférieure et supérieure; h étant la hauteur $\beta - \alpha$ du prisme, on devra remplacer V par ah, et $f(\gamma)$ par

$$\frac{1}{h}\int_{\alpha}^{\beta} f(\gamma)d\gamma,$$

et la formule (3) prendra la forme

$$(5) \qquad \int_{\alpha}^{\beta} f(\gamma)d\gamma = \int_{0}^{1} \Sigma\, m\, \frac{dz^2}{dt^2}\, \varphi(t)dt.$$

Cette nouvelle relation, comme je l'ai déjà remarqué, n'est autre que l'équation (1) sous sa forme la plus exacte, tant que le mouvement est homogène et permanent. Si donc elle est satisfaite dans les mouvements thermiques des solides et des liquides, il en sera de même de l'équation (1) comme il fallait le démontrer. Or il est très remarquable que sous cette nouvelle forme la relation est indépendante de toute condition relative au mouvement; elle est exacte pour un système quelconque de points géométriques, ayant chacun un mouvement tout à fait arbitraire; c'est ainsi un principe de cinématique, dans lequel la masse m de chaque point est simplement une constante qui lui est propre. Je vais le démontrer dans un cas encore plus général, en supposant le volume V de forme quelconque; alors α et β seront les ordonnées de son point le plus bas et le plus haut, et la somme (4) qui ne change pas de forme s'étendra en réalité à la seule portion du plan P que le volume intercepte.

Vérification de la formule (5). La somme Σ du second membre, comme celle qui entre dans la valeur (4) de $f(\gamma)$, s'étend à tous les points du milieu; il suffit donc de véri-

fier la formule en réduisant ce milieu à un point unique. En outre partageons la durée d'une seconde en intervalles arbitraires, de $t = o$ à t_1, de t_1 à t_2, etc. L'intégrale du second membre sera partagée en d'autres ayant pour limites $o, t_1, t_2, \ldots$; en même temps la somme (4) sera la réunion de plusieurs autres s'étendant aux passages effectués dans un seul des intervalles ; il suffira donc de vérifier la formule pour un seul, s'étendant par exemple de $t = t'$ à $t = t''$; elle se réduit alors à

$$(6) \qquad \int_{\alpha}^{\beta} f(\gamma) d\gamma = \int_{t'}^{t''} m \frac{dz^2}{dt^2} \varphi(t) dt;$$

la valeur (4) de $f(\gamma)$ s'étendra alors aux passages effectués, dans l'intervalle de t' à t'', par un point unique.

On pourra supposer que toute entrée du point dans le volume V, et toute sortie, ait lieu à l'un des instants désignés par t_1, t_2, etc.; de la sorte, dans l'un des intervalles, le point reste constamment intérieur au volume, ou constamment extérieur ; dans ce dernier cas on a constamment $\varphi(t) = o$ et l'égalité se réduit à $o = o$; si le point est intérieur on a $\varphi(t) = 1$; en outre on peut supposer les intervalles tels que pendant l'un quelconque d'entre eux, le point monte constamment, ou descende constamment.

1° Supposons qu'il monte : dans ce cas on peut, pendant tout l'intervalle, regarder t comme une fonction croissante de z que nous désignerons par $f(z)$, ayant pour dérivée $f'(z)$, et pendant que t varie de t' à t'', nous admettrons que z croisse de z' à z''. On aura alors

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{f'(z)}, \; dt = f'(z) dz$$

et le second membre de la formule (6) deviendra

$$\int_{z'}^{z''} \frac{m dz}{f'(z)}.$$

Quant au premier membre, les seules positions du plan P pour lesquelles il y aura un passage dans l'intervalle de t' à t'' sont celles dont la hauteur γ est comprise entre z' et z''; on peut donc substituer celles-ci aux limites α et β, et pour toute autre valeur $f(\gamma)$ serait nulle. Mais si γ est comprise entre z' et z'', il y a dans l'intervalle de t' à t'' un seul passage, pour lequel, $\frac{dz}{dt}$ étant positive, on a

$$u = \frac{dz}{dt} = \frac{1}{f'(z)};$$

on doit y prendre pour z l'ordonnée γ du plan, et en substituant u dans $f(\gamma)$ ou mu, le premier membre de la formule (6) deviendra

$$\int_{z'}^{z''} \frac{m d\gamma}{f'(\gamma)}.$$

Il est indifférent de remplacer par z la lettre γ qui exprime la variable d'intégration, et les deux membres de l'équation (6) se trouvent ainsi identiques.

2° Supposons maintenant que le point descende constamment pendant l'intervalle; t est alors une fonction décroissante de z, et l'on peut poser

$$\frac{dt}{dz} = -f'(z),$$

$f'(z)$ étant toujours positive; nommons encore z', z'' les valeurs de z qui correspondent à t', t'', de sorte que $z' > z''$. En substituant $dt = -f'(z)dz$, le second membre de l'équation (6) se réduira à

$$-\int_{z'}^{z''} \frac{mdz}{f'(z)} \quad \text{ou} \quad \int_{z''}^{z'} \frac{mdz}{f'(z)},$$

en renversant les limites. Dans le premier membre, $\frac{dz}{dt}$ étant négative, on aura encore

$$u = -\frac{dz}{dt} = \frac{1}{f'(z)} \quad \text{ou} \quad = \frac{1}{f'(\gamma)};$$

on devra également remplacer les limites α, β par z'', z' et entre celles-là il y aura un seul passage; le premier membre, comme précédemment, se réduira à

$$\int_{z''}^{z'} \frac{md\gamma}{f'(\gamma)},$$

et sera identique à l'autre. La formule (5) est ainsi vérifiée généralement.

Il résulte même de cette généralité que la relation (1) serait applicable à des corps de dimensions finies ayant

des mouvements de rotation. Il faudrait alors considérer chacun de leurs éléments de volume comme des points distincts; mais je ne pense pas qu'en partant de cette propriété on pût arriver à aucun résultat important au sujet des rotations moléculaires.

Autre forme de la loi précédente. On désigne sous le nom de *viriel* l'expression

$$R = \Sigma(xX + yY + zZ),$$

où la somme s'étend à toutes les molécules d'un milieu; pour chacune X, Y, Z, sont les projections sur les axes de la force qui l'anime; ce viriel jouit de propriétés remarquables qui ont été indiquées par MM. Clausius et Yvon-Villarceau. Mais dans ce qui suit je donnerai à R une signification différente, en supposant que la somme Σ s'étende aux seules molécules existant à chaque instant dans un volume déterminé V, limité par une surface fictive, intérieure au milieu, et de forme constante; ainsi défini on peut l'appeler *viriel limité.* Dans le cas où le mouvement est homogène et permanent, je vais prouver que la valeur moyenne de cette expression est nulle. Ce résultat est lié à certaines propriétés de la pression et de la cohésion intérieure des corps, d'où je l'avais d'abord déduit; mais on peut le conclure directement comme il suit de la loi que nous venons de trouver, et dont il est une seconde forme.

Il suffit évidemment de vérifier que ΣzZ a une valeur moyenne nulle, le raisonnement s'étendant aux deux autres parties de R. En outre, à cause de l'homogénéité du mouvement, toute somme telle que la précédente, étendue à un volume V, lui est sensiblement proportionnelle, ce

qui permet de donner à celui-ci une forme arbitraire; nous supposerons que ce soit un prisme vertical, et nous emploierons en ce qui le concerne les mêmes lettres et les mêmes désignations que précédemment.

On peut remarquer que Z en général est pour les divers points indifféremment positif ou négatif, mais il n'en résulte pas que pour des molécules déterminées $\Sigma z\mathrm{Z}$ soit nulle en moyenne; cette expression serait en général négative, résultat du reste inutile à notre but. Si la moyenne est nulle pour les molécules intérieures au volume, cela provient de celles qui entrent et sortent.

D'après les équations du mouvement d'un point, on a

$$z\mathrm{Z} = zm\frac{d^2z}{dt^2} = m\frac{d.}{dt}\left(z\frac{dz}{dt}\right) - m\frac{dz^2}{dt^2},$$

d'où résulte

$$\Sigma z\mathrm{Z} = \mathrm{S} - \mathrm{S}', \tag{7}$$

en posant

$$\mathrm{S} = \Sigma m\frac{d.}{dt}\left(z\frac{dz}{dt}\right),\quad \mathrm{S}' = \Sigma m\frac{dz^2}{dt^2},$$

les sommes s'étendant au volume V; mais on pourra les étendre à tout le milieu en introduisant dans chaque terme le facteur $\varphi(t)$ déjà employé, égal à o si la molécule est extérieure, à 1 si elle est intérieure. En outre c'est aux valeurs moyennes que s'applique la relation cherchée, de sorte qu'on devra remplacer les sommes par leurs intégrales prises de o à 1; on aura par suite

(8) $$S = \int_o^1 \Sigma m\varphi(t).d.\left(z\frac{dz}{dt}\right), \quad S' = \int_o^1 \Sigma m \frac{dz^2}{dt^2}\varphi(t)dt.$$

Pour évaluer S ne considérons d'abord qu'un terme de la somme ou un point unique, et désignons $mz\frac{dz}{dt}$ par θ. Nous pourrons partager l'intégrale en d'autres, ayant pour limites $t=o$ et t_1, t_1 et $t_2, \ldots t_n$ et 1; nous prendrons pour $t_1, t_2, \ldots$ les instants où le point entre dans le volume ou en sort; s'il n'y en a pas, les limites restent de o à 1; de la sorte dans un intervalle quelconque de $t=t'$ à t'', le point sera constamment intérieur ou constamment extérieur; dans ce dernier cas $\varphi(t)$ est nulle de même que l'intégrale; si le point est intérieur $\varphi(t)=1$, et l'intégrale devient

$$\int_{t'}^{t''} \frac{d\theta}{dt}dt \quad \text{ou} \quad \theta'' - \theta',$$

θ'' et θ' étant les valeurs de θ aux époques t'' et t'. La portion de S qui correspond à un point unique est donc $\Sigma(\theta''-\theta')$, étendue à tous les intervalles pendant lesquels le point a été intérieur. On peut l'écrire $\Sigma\theta''-\Sigma\theta'$, la première somme s'étendant à toutes les époques où le point est sorti du volume pendant une seconde, s'il y en a, et de plus à $t=1$ ou à la fin de la seconde, si à cet instant il est intérieur; de même $\Sigma\theta'$ s'étend à toutes les époques où il est entré dans le volume, s'il y en a, et en outre à $t=o$ ou au commencement de la seconde, si à cet instant il est intérieur. S'il n'existe aucun terme de ces

diverses catégories, c'est que le point est resté constamment extérieur, et les deux sommes sont nulles.

En ajoutant ce résultat pour tous les points, on aura

$$(9) \qquad S = S_1 - S_2 + S_3 - S_4,$$

expression dans laquelle S_1, S_2, S_3, S_4, ont toutes la forme $\Sigma\theta$; la somme s'étend pour S_1 à tous les passages d'un quelconque des points, sortant du volume pendant une seconde, pour S_2 de même à toutes les entrées, pour S_3 à tous les points se trouvant intérieurs quand $t = 1$, et pour S_4 à tous ceux qui sont intérieurs quand $t = 0$. Mais par suite de l'homogénéité du mouvement, si, pour l'époque $t = 1$, on compare tous les points ayant la même hauteur ou la même valeur de z, leurs vitesses verticales $\frac{dz}{dt}$ auront indifféremment les mêmes valeurs en signe contraire et par suite les termes de

$$\Sigma\theta \quad \text{ou} \quad \Sigma mz\frac{dz}{dt}$$

se détruiront pour cette raison d'indifférence : l'expression S_3 est donc nulle et on en peut dire autant de S_4 pour la même raison.

Quant à S_1 et S_2, si nous considérons d'abord les entrées et sorties qui s'effectuent dans une seconde par les parois latérales du prisme, la même neutralisation se produira et les termes correspondants de $\Sigma\theta$ se détruiront, parce que pour une même hauteur z il y aura autant de points qui entreront ou sortiront en montant qu'en descendant, et cela avec une même vitesse verticale. Nous ne

devrons donc compter dans S_1, S_2 que les termes correspondant à une entrée ou sortie par une des bases. Pour la base supérieure, en nommant u pour chaque passage la vitesse normale, ou verticale, prise numériquement, on aura pour une sortie

$$\frac{dz}{dt} = + u, \ z = \beta,$$

et le terme de S_1 sera βmu : pour une entrée, le point descendant, on aura

$$\frac{dz}{dt} = - u, \ z = \beta,$$

et le terme de S_2 sera $- mu\beta$; ainsi tous les termes de S_1 et $- S_2$ sont positifs pour la base supérieure, et ont pour somme

$$\beta \Sigma mu,$$

la somme s'étendant à tous les passages à travers cette base, dans un sens ou dans l'autre. Or cette somme est la même qui a été désignée par $f(\gamma)$ dans l'équation (4); le facteur $\varphi(t)$ indique simplement que le passage doit avoir lieu sur la base même : la valeur correspondante de γ, ordonnée du plan est ici β; mais vu l'homogénéité du mouvement, $f(\gamma)$ a une valeur constante k, d'où résulte βk pour la portion au-dessus de $S_1 - S_2$.

Pour la base inférieure, dans tout terme de S_1 correspondant à une sortie on a $\frac{dz}{dt} = - u$ puisque le point

descend, et pour S_2, ou pour une entrée $\frac{dz}{dt} = u$; dans les deux cas $z = \alpha$: ainsi tous les termes de S_1 et de $-S_2$ sont négatifs, et ont pour somme $-\alpha\Sigma mu$ qu'on peut comme ci-dessus remplacer par $-\alpha k$. Par suite la formule (9) se réduit à

$$S = (\beta - \alpha)k \quad \text{ou} \quad S = hk.$$

D'autre part dans la formule (5) déjà démontrée, le premier membre, en remplaçant $f(\gamma)$ par la constante k, se réduit à $(\beta - \alpha)\,k$ ou à S; en même temps son second membre est identiquement le même que la valeur (8) de S'. On a donc $S = S'$, et d'après la relation (7) la somme ΣzZ a une valeur moyenne nulle, ce qu'il y avait à vérifier.

La position de l'origine des coordonnées est restée indéterminée; si on la change, de sorte que z doive être remplacée par $Z + c$, c étant une constante, la somme précédente est augmentée de $c\Sigma Z$ et cette nouvelle somme doit aussi avoir une moyenne nulle, résultat aisé à vérifier directement.

CHANGEMENTS RÉCENTS

DANS LES

APPARENCES DE JUPITER

M. H.-C. Russel a exposé, dans une séance de la Société Royale de la Nouvelle-Galles du Sud, en décembre 1880, le résultat des recherches auxquelles il avait été précédemment invité à se livrer par la Société Royale Astronomique.

Ces recherches exigent l'emploi d'instruments très puissants. L'équatorial de 11 $^1/_2$ pouces de Sydney est très propre à les effectuer, par le fait de ses excellentes qualités optiques. La tâche a été entreprise en 1876, et dès lors constamment poursuivie.

Cassini rapporte, dans un Mémoire publié en 1691, que les deux bandes équatoriales, visibles sur la surface de Jupiter, ont été découvertes en 1630, et il dit les avoir étudiées pendant quarante ans, sans y avoir discerné aucune variation. D'autres astronomes ont émis une opinion différente. Hevelius raconte qu'en 1647, ces bandes n'étaient pas visibles, quoiqu'il pût distinguer des nuages sur le disque de la planète. William Herschel, en 1793, n'apercevait aucune trace de bandes. En 1834 et 1835,

la bande septentrionale était invisible, et en 1863 on a vu le disque couvert d'un pôle à l'autre de formes nuageuses, les bandes habituelles ne se montrant pas.

Cassini et d'autres ayant déterminé la durée de la rotation de Jupiter par la comparaison de diverses taches, et ayant trouvé des résultats différents pour cette durée, en avaient conclu que les taches employées à ce calcul devaient avoir un mouvement propre, ou qu'elles étaient de simples nuages.

W. Herschel écrivait en 1793 : « Je suppose que les bandes brillantes de Jupiter, situées entre les bandes pâles, sont des zones où l'atmosphère de la planète est plus chargée de nuages. Les bandes pâles correspondent aux régions dans lesquelles l'atmosphère est sereine et permet aux rayons solaires d'atteindre les portions solides de la planète, où, selon moi, la réflexion est moins forte que sur les nuages. »

M. R. Proctor, ayant étudié les conditions inhérentes à l'éloignement de Jupiter, ne croit pas que, recevant vingt-cinq fois moins de chaleur et de lumière du soleil que la terre, son atmosphère puisse être influencée par l'action solaire comme l'est la nôtre. Les nuages que nous discernons ne peuvent en résulter uniquement, et il est par conséquent très probable que l'énorme planète est maintenant dans l'état présumé par les géologues avoir été celui de la terre pendant une période de son histoire. Il suppose Jupiter être « une masse ardente en fusion, probablement entièrement liquide, bouillonnant encore avec la violence du feu des premiers âges de notre globe, et émettant continuellement d'énormes masses de vapeurs qui tendent à se réunir en bandes sous l'influence de la rapide rotation de la planète. »

Les faits observés par M. Russel sont intimement liés à ces théories. Une partie d'entre eux les confirment; d'autres les contredisent. L'étude des détails de ce qui se passe sur la surface de Jupiter est d'une extrême difficulté, et un examen scrupuleux avec de puissants télescopes est nécessaire pour étudier la question de savoir s'il existe quoi que ce soit de fixe sur son disque, ainsi qu'il est arrivé à le croire.

Pour ce qui concerne, en premier lieu, la permanence des bandes, il a commencé à l'étudier en mesurant très exactement les positions de toutes celles qui étaient visibles, en se servant de son grand télescope et d'un micromètre très délicat. A cette époque, l'équateur était flanqué de quatre bandes brun-rouge qui l'entouraient tout entier, et entre lesquelles régnait une couleur rouge plus pâle, suffisante pour donner à l'ensemble l'apparence d'une large ceinture unique, mais point uniforme. Par places, les bandes étaient interrompues par des marques blanches ou colorées, sujettes à de fréquentes variations de forme. Les mesures de leurs positions s'appliquèrent aussi à des bandes plus pâles dans les zones tempérées et dans les calottes polaires.

En 1880, tout semblait, au premier coup d'œil, avoir changé d'apparence depuis 1876. Le 2 novembre, les deux bandes extérieures, parmi les quatre équatoriales, semblaient avoir disparu, et les deux restantes paraissaient fort altérées en densité, couleur et position, la plus boréale surtout, qui brillait souvent d'un rouge brillant.

Un essai fut tenté pendant la visibilité de la grande tache rouge, pour en mesurer la latitude, et le résultat obtenu fut très analogue à celui de 1876. Les mesures prises entre 1810 et 1813, par M. Arago, pour fixer les

latitudes des bandes pâles, concordent aussi fort bien avec les résultats obtenus en 1876 et 1880. Elles se rapportent aux traits les plus distincts présentés alors et aujourd'hui par le disque de la planète, et permettent de conclure à la permanence de leurs latitudes. Pendant la période plus récente des opérations de Sydney, d'autres bandes moins distinctes des zones tempérées et les calottes polaires ont conservé leurs positions.

Une comparaison minutieuse, entre les dessins faits le 2 juin 1876 et le 2 novembre 1880, montre la tache rouge sous la même latitude et fait reconnaître les mêmes traits généraux aux deux époques. Mais, sauf en ce qui concerne les positions, il serait difficile de décider si certaines taches, constatées en 1876, sont des nuages ou des accidents fixes de la surface. Distinguer ces deux classes d'objets est une difficulté réelle de l'observation ; il faut, pour y réussir, se remémorer soigneusement les caractères de chaque tache, afin de discerner les modifications que produisent les nuages venant à s'interposer. Dans les mesures obtenues, nous reconnaissons la division de la planète en zones analogues correspondant d'une manière générale à celles de la terre : la bande équatoriale, et deux bandes situées dans les zones tempérées où cessent les alizés. Les nôtres varient avec les changements du soleil en latitude de 23 $^1/_2$ degrés, tandis que sur Jupiter, les variations en déclinaison ne sont que d'environ 3 degrés, en sorte que les bandes paraissent invariables ou à peu près.

Les changements d'apparence sont, en revanche, si extrêmement rapides sur Jupiter, les aires qu'ils embrassent sont si énormes, que toute comparaison avec des phénomènes analogues à la surface de la terre est impossible. Il ne faut pas les assimiler, et l'on doit supposer des

conditions très différentes dans les influences qui les produisent.

Voici plus en détail les principales mesures auxquelles il a été fait allusion dans les remarques qui précèdent.

Partant du pôle sud de la planète, les distances observées ont été :

	1811	1876	1880
Pour la première bande	13″60	15″54	15″94
» seconde »	20″60	19″71	19″34
» troisième »	23″67	22″57	24″55
» quatrième »	29″12	28″96	31″86

La deuxième et la troisième mesures ont trait aux deux bandes équatoriales, sous 18° de latitude nord et sud; chacune d'environ 4000 milles de largeur, et de forme très régulière. Dans la bande septentrionale, le gaz est probablement limpide, et l'éclat que nous en recevons est très faible, comme on peut s'y attendre du fait de la surface obscure de la planète. Il est augmenté, en réalité, plus par la lumière qu'il reçoit latéralement, que par une lumière propre. Son extrême pâleur est démontrée par le fait qu'un télescope de dimensions assez considérables est nécessaire pour y découvrir une couleur quelconque ou, en d'autres termes, une luminosité. Lorsqu'on dispose d'un objectif considérable, la couleur est décidément rouge, ainsi qu'on peut le présumer après un double passage au travers de l'atmosphère de Jupiter. A plusieurs reprises, pendant l'année 1880, l'observateur a constaté les limites tranchées de ses bords, se distinguant de tous les autres accidents de la surface, comme si le phénomène était situé à une certaine élévation et se composait d'un certain nombre de barreaux rouges, juxtaposés, formant autour de la

planète comme une magnifique ceinture, ayant un lustre semblable à celui de la soie.

La bande méridionale est moins brillante; parfois rougeâtre, elle est plus souvent d'une couleur brun-ardent, et quoique aussi nettement définie que sa pareille, elle n'est point aussi frappante.

Cheminant vers le nord, on trouve, vers la latitude 36 à 38°, une bande bien définie, mais ordinairement pâle, et une autre à la même latitude sud, qui était facile à discerner en 1876, mais qui maintenant est souvent invisible, probablement parce que le pôle sud de la planète est tourné à l'opposé du soleil. C'est sur cette bande que se trouve la tache rouge aujourd'hui bien connue dont nous parlerons tout à l'heure.

Outre ces diverses bandes, on en distingue de plus pâles, sans parler des calottes polaires, qui toutes paraissent être fixes quant à leur position. Quelques observateurs ont affirmé que ces bandes, plus spécialement les équatoriales, ne sont pas visibles jusqu'au bord du disque. Tel n'est point le résultat de l'expérience de notre auteur qui les discerne fort bien sur tout leur parcours, quoique diminuant un peu d'éclat à leurs extrémités, sans solution de continuité.

La tache rouge dont il a été fait souvent mention depuis quelques années paraît avoir 30000 milles de long sur 8500 de large. Elle couvre une surface beaucoup plus étendue que celle de la terre tout entière, et est facile à discerner avec de bons instruments. Elle s'y présente sous un aspect plus brillamment coloré que tout autre objet sur la planète. Pourquoi cette apparence de flamme est-elle rouge? et pourquoi est-elle d'un rouge différent des autres objets visibles à la surface de l'astre? Ce sont là des questions auxquelles on ne saurait répondre encore.

Sa découverte a été généralement reconnue en juillet 1878; mais elle a été vue antérieurement, sans qu'on la séparât alors de la bande équatoriale. En 1876, M. Russel l'avait consignée dans ses dessins, présentant une forme un peu différente, mais une couleur analogue. La distance de son bord septentrional au pôle sud de Jupiter était de 15″54 en 1876. En novembre 1880, cette même distance était de 15″94, ce qui laisse présumer que sa latitude n'a pas changé. Une autre comparaison lui a prouvé que sa longitude est aussi restée la même. Avec ces données, on retrouve des observations plus anciennes faites par lord Rosse en mars 1874, et par M. Dawes en 1857. M. Terby[1] en cite de détaillées, faites par lui à Louvain en 1872, quoiqu'il n'y eût pas constaté alors la teinte rouge qu'il y discerne aujourd'hui en usant du même instrument.

Ces faits donnent une grande force à la présomption que la tache rouge est un caractère permanent de Jupiter. En d'autres termes, elle semble résulter de parties solides de la planète et non pas de vapeurs. Sa couleur aussi peut être considérée comme stable, lors même qu'elle aurait subi quelques variations de teinte sur quelque portion de son étendue. Il est curieux de noter que l'ombre d'un satellite projetée sur sa surface paraît noire. Si elle était lumineuse par elle-même, tel ne serait pas le cas.

Le 6 août 1878, une petite tache blanche, très brillante, a été observée par l'auteur, au nord de la bande équatoriale australe, et un peu en avant de la tache rouge. C'était à une époque de grande intensité de couleur entre les bandes, et cette apparence présentait un éclat supé-

[1] *The Observatory*, t. V, p. 54.

rieur à tout ce qui se voyait sur le disque. On la revit le 5 octobre 1878, et plus dès lors jusqu'au 11 octobre 1880, où l'éclat était plus brillant qu'on ne l'avait jamais vu. Avec un grossissement de 300 fois, elle présentait une forme ovale, bien définie, avec un grand axe incliné d'environ 30° à la bande obscure. L'apparence était si inattendue sur Jupiter, qu'au premier moment l'observateur se refusa à la croire réelle et l'attribua à son télescope, mais, ayant changé cinq fois d'oculaire et ayant persisté à la voir, il fut convaincu. Il en chercha anxieusement une réapparition, et, après des expériences réitérées, il est persuadé que la cause de ses intermittences provient de l'existence de nuages, qui paraissent se trouver dans l'atmosphère de Jupiter lorsque la tache n'est pas visible. Toutes les fois qu'on a pu l'apercevoir, sa distance de la tache rouge était la même.

On remarque plusieurs de ces taches sur le disque, lorsqu'on l'étudie attentivement. Toutes paraissent rondes, bien terminées, ordinairement d'un diamètre inférieur à une seconde. Parfois leur place est remplacée par des taches blanches, beaucoup plus grandes, probablement des nuages. Le 14 septembre 1878, un changement remarquable se produisit dans l'une d'elles. La tache semblait couper presque la bande équatoriale australe en deux parties; sa longitude étant la même que la partie orientale de la tache rouge. Une heure et demie plus tard, la tache blanche s'était condensée jusqu'au quart de son diamètre primitif, et la bande obscure s'était reformée. La tache, ainsi réduite, ne présentait plus le disque bien accusé des autres.

Il existe des apparences nuageuses qu'une étude ultérieure pourra démontrer être des objets permanents à la

surface de la planète, et en rapport avec les taches blanches, ainsi que certaines observations l'ont déjà indiqué. La connexion entre les deux phénomènes et la stabilité de leurs positions suggère l'idée que les taches blanches sont des montagnes neigeuses, dont les nuages ont disparu pour un temps, et les diagonales de même couleur que la bande boréale seraient des espaces découverts prenant leur direction d'après celle des montagnes.

On voit aisément les deux calottes polaires, mais il est fort difficile d'y découvrir autre chose que leur teinte sombre. Lorsque l'air est favorable à la vision, le grand télescope y révèle une série de bandes étroites, striées par de plus foncées. Sur la calotte boréale elles sont passagères, et on peut en dire autant d'une tache blanche qui s'y montre de temps en temps. Sur la calotte australe on distingue, près du bord, un trait formé qui a subsisté pendant quelque temps, ayant à peu près la même longitude que la tache rouge. De ce point, en allant du côté antérieur de la calotte, le bord cesse d'être parallèle à l'équateur et s'en rapproche sur une certaine étendue. Lorsqu'il atteint sa plus grande distance du pôle, on découvre une large tache blanche, plus blanche que toute la surface de la planète, à l'exception des taches équatoriales. Quant à la teinte bleuâtre des calottes, elle pourrait bien résulter d'une action de notre atmosphère, car elle diminue à mesure que la netteté des images augmente, et la nuance brun-clair prédomine alors.

Près de la calotte boréale, se trouvent, dans le même hémisphère, trois bandes pâles, et dans celle du milieu se comptent plus de petites taches noires que dans toute autre région de la planète. Quelques-unes d'entre elles réapparaissent par intervalles à la même place, souvent

avec un agrandissement concomitant de la bande qui les contient. La bande apparaît alors de contour très irrégulier, et comme fortement perturbé.

Dans l'hémisphère austral se trouve une bande symétrique, mais d'apparence différente. Pendant longtemps elle a été caractérisée par une tache foncée, de dimension moitié de la tache rouge.

La bande pâle la plus voisine de l'équateur, au nord, est particulièrement intéressante, par le fait des grands changements qu'elle subit. En 1876, elle formait une des quatre bandes équatoriales, alors à peu près égales de dimensions, et elle n'était inférieure à aucune en étendue et en intensité de couleur. En 1878, elle avait beaucoup pâli et était demeurée ainsi jusqu'à près de la fin de 1880, étant souvent tout à fait invisible lorsque les bandes équatoriales étaient très brillantes. Le 28 octobre 1880, à 11 heures du soir, une partie de sa surface s'était agrandie et était devenue de couleur beaucoup plus foncée. Deux taches noires s'étaient formées sur la portion agrandie et tout près, la bande se trouvait coupée en deux par une trace lumineuse de même éclat que la surface environnante. La nuit suivante il y avait trois taches noires avec d'autres changements de forme et de couleur.

Le 2 novembre, l'une des trois taches noires avait énormément crû en dimensions, et présentait un noyau obscur entouré d'une sorte de pénombre comparable aux apparences d'une tache solaire. On pouvait se représenter le phénomène comme résultant d'un gigantesque cyclone, balayant les nuages autour du gouffre central jusqu'à couvrir la bande des deux côtés.

Le 10 novembre, la tempête avait continué; la bande était tellement élargie et plus foncée de couleur, qu'elle

était presque aussi visible que la bande équatoriale nord; son bord était très irrégulier, l'ensemble présentant l'aspect d'une suite de cumulus se mouvant en désordre. Le 14 novembre, la bande agitée paraissait réduite à ses dimensions originelles; mais le point de rétrécissement était à 120° de longitude du lieu précité. Dès lors, les perturbations ont continué d'une manière de plus en plus frappante.

Pendant la même période de tremblements de terre et d'orages qui a régné sur notre planète, un observateur éloigné a peut-être discerné sur sa surface des apparences de même nature que celles dont nous citons un échantillon. Ces grands bouleversements atmosphériques ont-ils quelque connexion avec les météorites de cette époque de l'année? Il serait imprudent de leur nier une cause commune.

L'impression générale, recueillie par l'auteur de ses quatre années consécutives d'observations, est que nous sommes témoins sur Jupiter de phénomènes analogues à ceux que distinguerait sur la terre un observateur placé sur la grande planète. Au delà de 40° en latitude du côté des pôles, il verrait probablement une bande interrompue de nuages, paraissant blanchâtres, sous l'influence du soleil, probablement aussi blancs que les calottes glacées des pôles. De chaque côté de l'équateur se présenteraient les régions plus claires des alizés, souvent couvertes de vapeurs qui lui cacheraient toute vue des objets situés à la surface, visibles seulement par l'entremise de rayons lumineux ayant traversé deux fois notre atmosphère. Fût-il assez heureux pour rencontrer un ciel serein sur la terre, en même temps que le sien le serait, il ne pourrait distinguer un continent couvert de forêts, de l'océan. Il

constaterait certains points blancs fixes, et si la chance le favorisait, il pourrait assister à l'émission d'un nuage noir accidentel, provenant de quelque éruption de volcan interceptant toute vue du sol sous-jacent. L'objet le plus saillant à ses yeux serait la couche brillante de nuages entourant notre équateur, avec des contours brisés et irréguliers, et voyageant vers le nord ou vers le sud avec la déclinaison du soleil.

Pareillement, semble-t-il à M. Russel, notre attention est fixée spécialement sur les bandes de Jupiter. Au delà de 38° de latitude, nous reconnaissons des zones presque ininterrompues de lumière brillante, où de très petits changements se produisent. Entre ces limites, au contraire, du côté de l'équateur, le cas est différent. A une époque, comme l'actuelle, nous voyons des zones blanches, couvrant tout l'espace entre 38° et 18°; à une autre époque tout cela est changé, et leur surface est occupée par des anneaux rougeâtres changeant incessamment de formes, comme en 1876. Près de l'équateur, de même : parfois on voit la zone la plus brillante de nuages que présente la planète; parfois cette zone prend une teinte rouge-pâle, changeant constamment d'apparence, de même que celle qui sépare les moussons terrestres. De chaque côté se forment les anneaux les plus foncés qui s'observent sur le disque, et c'est au travers de ces régions obscures que nous avons probablement la seule chance d'apercevoir la surface même de la planète, hormis les sommités neigeuses qui viennent percer la couche des nuages interposés.

L'exposé des principaux résultats obtenus par M. H.-C. Russel, pendant ces quatre années d'observations, est éminemment propre à exciter l'intérêt des astronomes. Plusieurs de ceux qui se sont livrés aux mêmes études,

en Grande-Bretagne, ont déjà présenté des critiques à leur sujet, et développent ou contestent ses inductions. M. Denning[1] donne une toute autre explication que des nuages survenant, pour empêcher la visibilité de la tache blanche, par exemple, aperçue à Sydney le 5 octobre 1878, et ensuite le 11 octobre 1880, puis le 24 novembre de la même année, sans qu'elle ait pu être reconnue entre ces deux dernières dates. On a négligé, pour la chercher, de tenir compte d'un mouvement rapide vers l'ouest, qui anime cette tache, et qui lui fait parcourir une révolution autour de la planète en 44 $^1/_2$ jours. Ce mouvement de translation a été constaté non seulement par M. Denning, à Bristol, mais par M. Schmidt, à Athènes, et par d'autres observateurs. Le fait de l'avoir retrouvée à la même place, relativement à la tache rouge, corrobore cette période précédemment indiquée par M. Denning, qui a reconnu la tache mobile onze fois entre les deux dates sus-mentionnées, après avoir prédit deux époques de conjonction entre sa position et celle de la tache rouge.

Des mesures prises par M. Kirk, en 1881, témoignent d'une concordance très satisfaisante avec celles de M. Russel pour les latitudes des diverses bandes.

De récentes recherches ont fait constater sur le disque de la planète des modifications d'aspect qui continuent à exciter l'attention des astronomes, et dont les grands instruments aujourd'hui en usage pourront un jour sonder les mystères. La tâche est digne de leurs efforts ; car ce qui précède laisse pressentir le peu que nous savons sur la constitution de la plus vaste des planètes, et combien la part de l'imagination est grande dans les concep-

[1] *The Observatory*, t. IV, p. 360.

tions qu'on s'en fait. Nous ne pouvons nous empêcher d'être sympathique à l'idée, rappelée plus haut et émise par M. Proctor, de la fluidité incandescente de son globe. Les présomptions relatives à des pics neigeux venant de temps à autre percer la couche des nuages qui l'enveloppent nous paraissent, dès lors, un peu aventurées. Nous attendons des futures observations les éléments nécessaires pour faire cadrer les hypothèses existantes avec la réalité.

Émile GAUTIER.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J.-L. Soret. Sur les travaux de la Commission sismologique suisse et sur les tremblements de terre récemment ressentis en Savoie. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 26 déc. 1881.)

Nous avons rendu compte à plusieurs reprises dans les *Archives* des travaux de la Commission sismologique suisse[1]. Pour compléter ces renseignements, nous reproduisons ici la plus grande partie d'une note que M. le Prof. L. Soret a adressée à l'Académie de Paris.

« ..... Bien que la Suisse forme le champ principal de nos recherches, nous les avons cependant étendues à des pays voisins. Un résumé des documents qui nous sont parvenus sur les tremblements de terre dans les départements français voisins de Genève, particulièrement dans la Savoie et la Haute-Savoie, présentera peut-être un intérêt plus spécial pour l'Académie, et complétera à ce point de vue les publications de la Commission. Ces documents consistent principalement en *questionnaires* envoyés à divers correspondants, qui ont mis, en général, beaucoup de complaisance à les remplir. Nous serions très heureux si la publicité des *Comptes rendus* nous attirait des communications plus nombreuses encore : ce n'est, en effet, que par la multiplicité des observations que l'on peut arriver à des résultats d'une réelle valeur.

« Parmi les nombreux tremblements de terre qui ont été

[1] Voir en particulier la Notice de M. Forel. *Archives*, novembre 1881, t. VI, p. 461.

ressentis dans diverses parties du territoire suisse, depuis le mois de novembre 1879[1], il y en a quelques-uns qui me paraissent mériter d'être mentionnés ici[2].

« Je citerai, en premier lieu, les violentes secousses du 30 décembre 1879, qui paraissent avoir eu leur point d'origine vers le col de Golèze, lequel sépare la vallée de Sixt de celle de la Dranse. A Sixt, Samoens, Montriond, St-Jean-d'Aulph, l'ébranlement a été assez fort pour détacher des rochers de la montagne, renverser des cheminées, lézarder des bâtiments. La plus forte de ces secousses, qui a eu lieu vers midi et demi, s'est propagée jusqu'à Chambéry, Lyon, Salins, Lucerne, embrassant une aire de forme ovale de 300^{km} de long, sur 150^{km} de large. M. Forel a rédigé une Notice étendue sur ce tremblement de terre; je n'entre donc pas dans plus de détails; je me borne seulement à deux remarques : 1° Il est très curieux que ces secousses aient été très faiblement ressenties sur la rive sud du lac de Genève, à Thonon, Évian, tandis qu'elles ébranlaient beaucoup plus fortement la rive nord et Genève, localités bien plus éloignées du point d'origine. Cette stabilité plus grande de la rive sud du lac s'est manifestée dans plusieurs autres cas. 2° En ce qui concerne la vitesse de propagation de l'onde sismique, nous avons des observations assez précises de l'heure de la principale secousse à Genève et à Mélan[3]. Or, cette dernière localité se trouve sensiblement sur la ligne droite allant de

[1] On a compté en Suisse : du 28 novembre 1879 au 31 décembre 1880, 20 tremblements de terre, comprenant 69 secousses séparées; du 1er janvier 1881 au 31 octobre, 18 tremblements de terre; dans le mois de novembre 1881, il s'est produit 29 secousses séparées.

[2] Je passe sous silence d'autres ébranlements qui ont été faiblement ressentis en Savoie; je ferai remarquer cependant que celui du 4 décembre 1879 a eu une certaine intensité; mais, à ce moment, les travaux de la Commission n'étaient pas encore bien organisés, et les documents manquent.

[3] Genève : midi $23^m 25^s \pm 10^s$, heure de Genève; soit midi $28^m 34^s \pm 10^s$, heure de Berne.— Mélan (obs. de M. Montagnoux) : midi $23^m 45^s \pm 15^s$, heure de Mélan; soit midi $27^m 3^s \pm 15^s$, heure de Berne.= Distance de Mélan à Genève : 37^{km}.

Genève au centre d'ébranlement probable. La vitesse de propagation qui résulte de ces observations est de 400^m par seconde ; mais cette détermination comporte une assez grande incertitude.

« Deux tremblements de terre importants, présentant l'un avec l'autre une grande analogie, ont été ceux du 4 juillet 1880 et du 3 mars 1881. Tous deux paraissent avoir eu pour centre les Alpes pennines, dans le voisinage du mont Rose ; l'ébranlement s'est étendu à une grande partie de la Suisse, ainsi que dans le nord de l'Italie, d'après les notes que le R. P. Denza a bien voulu nous communiquer. La secousse principale du 4 juillet 1880 a été ressentie à Genève le matin, à $9^h19^m24^s \pm 10^s$ (heure de Berne); or, toutes les autres observations de temps sur lesquelles nous pouvons à peu près compter donnent une heure très voisine : la secousse semble avoir été partout sensiblement simultanée. Il en a été de même le 3 mars 1881 : la plus forte secousse, qui s'est produite à Genève, le matin, à $3^h34^m24^s \pm 15^s$ (heure de Berne), paraît avoir été ressentie partout au même instant. Une autre analogie entre ces deux tremblements de terre, c'est qu'ils ont épargné une grande partie de la Haute-Savoie. Bien marquée sur la rive nord du lac, y compris Genève, la secousse du 4 juillet n'a pas été aperçue sur la rive sud, si ce n'est à Évian où elle a été extrêmement légère. A Saint-Jean-d'Aulph, Samoens, elle a été signalée comme faible ; à Chamonix, on a observé un bruit, mais pas d'ébranlement ; à Sixt, Bonneville, Mélan, etc., rièn. Sur la rive gauche de l'Arve, à Régnier, Annecy, la secousse a été ressentie. Il en a été à peu près de même le 3 mars 1881. Genève et Annecy ont donc été plûs fortement atteints que les régions qui, en ligne droite, les séparent du centre d'ébranlement.

« Le tremblement de terre du 8 juin 1881, à minuit 38^m environ, se rapproche à quelques égards de ceux que je viens de citer ; il paraît avoir eu son origine en Valais ; il a été ressenti plus ou moins fortement dans la Savoie, particulièrement dans la vallée de l'Arve. Il a été très faible à Thonon, et n'a pas été signalé à Évian.

« On pourrait citer encore d'autres tremblements de terre ayant épargné certaines parties de la Savoie orientale, par

exemple celui du 27 janvier 1881, qui, très violent à Berne, s'est propagé avec énergie dans les cantons de Vaud et de Genève, tandis qu'il restait à peu près inaperçu au sud du lac de Genève[1].

« Si les faits qui viennent d'être signalés établissent que ces localités sont, au point de vue sismique, sous un autre régime que les régions avoisinantes, il ne faut pas, cependant, en conclure d'une manière absolue à une plus grande stabilité. Ainsi, le grand tremblement de terre du 22 juillet 1881 les a fortement atteintes. Cet ébranlement s'est étendu en France aux départements suivants : Drôme, Isère, Savoie, Haute-Savoie, Rhône, Saône-et-Loire, Ain, Jura et Doubs[2] ; en Suisse, aux cantons de Genève, Vaud, Fribourg, Neuchâtel, Soleure, Bâle, Argovie, Berne et Valais ; en Italie, à tout le Piémont et jusqu'à Savone. Les points qui paraissent avoir subi les secousses les plus accentuées se répartissent sur une bande courbe, comprenant les vallées de la Maurienne et de la Tarentaise, Chambéry, Lyon, Bourg, Chalon. A Genève et dans presque toute la Haute-Savoie, y compris Thonon et Évian, l'ébranlement a été énergiquement ressenti (déplacements de meubles). La secousse principale n'a point été simultanée, comme le montrent les trois observations suivantes, les seules à peu près exactes que nous ayons eues dans la région qui nous occupe :

	h m s s		
Allevard (M. Pinat)....	2.44.40±30	du matin	(heure de Berne).
Genève...............	2.47.34±20	«	«
Mélan (M. Montagnoux)	2.49.08±30	«	«

Mais un nombre aussi restreint d'observations n'est pas suffisant pour fixer le lieu d'origine et le mode de propagation d'une secousse : il serait fort à désirer qu'il y eût, pour les observateurs, dans les départements français, un moyen

[1] Voyez la Note de M. Colladon, *Comptes rendus* du 14 février 1881.

[2] Ce tremblement de terre a probablement été ressenti dans d'autres départements encore ; nous serions heureux de recevoir des renseignements à cet égard.

de vérification de l'heure, par exemple que les horloges des bureaux télégraphiques fussent exactement réglées.

« Le 5 août 1881, à minuit 40^m environ, une nouvelle secousse s'est étendue à la plus grande partie de la Savoie, mais avec une intensité trop faible pour qu'il soit possible de circonscrire l'aire d'ébranlement d'une manière précise.

« En terminant, je signalerai la remarquable période d'agitation sismique du mois de novembre 1881, pendant lequel on a compté, en Suisse, 29 secousses séparées, se répartissant sur 17 jours. Plusieurs d'entre elles ont aussi été ressenties en Allemagne, en Belgique, en Hollande, en Italie et en France. Celle du 25 novembre, à 6^{h}30^m du soir, a été très forte à Chamonix. »

CHIMIE.

A. BARTOLI et G. PAPASOGLI. SYNTHÈSE DE PLUSIEURS COMPOSÉS PAR LE MOYEN DE L'ÉLECTROLYSE DE L'EAU ET DE SOLUTIONS ACIDES OU ALCALINES AVEC DES ÉLECTRODES DE CHARBON. (*Nuovo Cimento*, série III, vol. VIII et X. Extrait par les auteurs.)

Quand, au lieu des électrodes de platine, on emploie au pôle positif de la pile, une électrode de charbon, plongée dans des électrolytes neutres, acides ou alcalins, l'électrode s'oxyde et on trouve dans l'électrolyte des substances organiques bien caractérisées, résultant de la combinaison du carbone avec l'hydrogène et l'oxygène [1].

Nous avons expérimenté sur le graphite de diverses provenances, le charbon de cornue et le charbon de bois; avant

[1] La combinaison de l'oxygène électrique avec le charbon est un fait que nous avions observé en 1880 (*Nuovo Cimento*, sér. III, vol. VIII, nov.-déc. 1880). Ce qui nous étonne, c'est de voir dans les *Comptes rendus* du 14 novembre 1881, t. XCIII, p. 790, une note de M. D. Tomasi, dans laquelle il donne comme une nouveauté ce qu'il connaissait déjà, nous pouvons le dire, par nos expériences. Nous nous bornons à dire qu'avant lui le fait a été observé par nous, et avant nous par M. Faraday. *Uniquique suum.*

d'employer ces charbons comme électrodes, nous les avons purifiés par le chlore au rouge et pendant quatre jours.

Après ce traitement, les charbons ne contenaient plus une quantité appréciable d'hydrogène et très peu de cendres; le graphite de Ceylan, qui a servi pour nos expériences, n'exige pas cette purification parce que, analysé, nous avons reconnu qu'il ne renferme pas d'hydrogène.

Expérimentant avec le charbon de cornue comme électrode positive et l'eau distillée comme électrolyte, nous étions obligés d'employer une puissante batterie (1200 Daniell) pour vaincre la résistance.

Après deux jours de passage du courant, l'électrolyte avait pris une coloration brune et acquis une légère réaction acide et par conséquent était devenu conducteur.

La pile fut réduite à 100 éléments Bunsen et déjà après 5 jours il suffisait de 20 Bunsen qui fonctionnèrent pendant 26 jours; l'eau s'était colorée en noir, l'électrode de charbon, qui pesait presque 500 gr., était totalement désagrégée et au fond du voltamètre il s'était déposé une couche boueuse.

Dans le liquide décoloré par le charbon animal, ou mieux avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique qui précipite la matière noire dissoute dans l'eau, nous avons trouvé de l'acide mellique et quelques-uns de ses dérivés, hydromellique, pyromellique et hydropyromellique.

Dans le dépôt qui s'était formé au fond du voltamètre, nous avons trouvé, mélangée avec du charbon désagrégé, une matière noire, peu soluble dans l'eau froide, assez soluble dans l'eau chaude, soluble dans les alcalis, insoluble dans la plupart des acides minéraux et des dissolvants ordinaires, comme alcools, benzine, etc.

Nous avons nommé cette substance, *Mellogène* ou *Mellitogène* parce que en, s'oxydant, elle produit des acides de la série benzocarbonique.

Le mellogène pur est une matière solide, noire, très brillante, et qui par sa fracture ressemble au charbon de terre. Il est insoluble, dans les alcools les plus connus, éther, chloroforme, sulfure de carbone, benzine, térébenthine; il est peu soluble dans l'eau froide, bien plus dans l'eau bouillante; enfin il est aussi soluble dans les hydrates alcalins et

dans l'acide sulfurique monohydraté; l'adjonction d'un peu d'eau à cette solution détermine la précipitation du mellogène; la solution de ce corps dans les dits dissolvants est noire.

Le mellogène ne fond pas, brûle difficilement, n'est pas cristallisable et possède un pouvoir colorant énergique.

Sa solution aqueuse est précipitée par les solutions diluées des acides chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique, sulfurique, nitrique, phosphorique, chromique, oxalique, formique, ainsi que par les solutions des chlorures, bromures, iodures, sulfates, chromates, nitrates, sulfocyanates, prussiates, bicarbonates, bisulfites, sulfures potassiques et sodiques, et par les solutions des sels de calcium, de baryum et des métaux lourds.

Il n'est pas précipité par les solutions aqueuses d'acide acétique, propionique, lactique, tartrique, tannique, picrique, mellique, hydro et pyromellique, citrique, caproïque, butyrique, valérianique, borique et carbonique. La plupart de ces précipités sont formés de mellogène inaltéré, mais ceux obtenus avec les sels barytiques, plombiques, stanniques sont de véritables combinaisons.

La propriété la plus saillante de ce corps est de se combiner facilement avec l'oxygène et de produire les acides de la série benzocarbonique. La solution aqueuse du mellogène, ainsi que le mellogène solide exposé pendant plusieurs mois à l'air s'acidifie en produisant l'acide mellique.

Le meilleur oxydant est l'hypochlorite de soude; ce réactif ne réagit pas avec le charbon de cornue et le graphite, mais si l'on plonge un petit morceau de mellogène dans une solution concentrée et froide d'hypochlorite, il se produit immédiatement un dégagement gazeux, le liquide s'échauffe, le mellogène se consume et on trouve dans le liquide les susdits acides.

Le mellogène séché à la température ordinaire contient de l'eau qu'il perd à la température de 130° C.; il ne subit aucune perte entre 130° et 160°, mais à de plus hautes températures il se décompose.

Séché à 140° et analysé, nous avons obtenu C 66,39 %, H 1,16 %, O 32,45 %; la formule la plus simple correspon-

dant à ces résultats est $C_{11}H_2O_4$ qui demande C 66,66 %, H 1,01 %, O 32,32 %.

La composition du mellogène desséché à 140° C. ne diffère que par une molécule d'eau de celle de l'acide graphitique, mais ses propriétés sont très différentes.

Quand, au lieu d'eau distillée, on emploie pour électrolyte des solutions alcalines, hydrates ou carbonates, on trouve toujours, après quelques jours de passage du courant, une quantité remarquable d'acide mellique et de ses congénères et très peu de mellogène; tandis que ces premiers produits manquent presque totalement et que le second abonde au contraire, si l'électrolyte est acide.

Dans le premier cas, le mellogène étant soluble dans l'électrolyte, l'oxygène électrique qui se dégage du pôle positif agit sur lui et le transforme facilement, tandis qu'il n'est transformé que partiellement dans les liquides acides qui ne le dissolvent point.

Les électrolytes acides chlorhydrique sulfurique, nitrique, formique, acétique donnent avec le charbon, comme nous l'avons dit, du mellogène. Le résultat n'est pas le même, quand on emploie pour électrolyte l'acide phosphorique; dans ce cas le mellogène se combine avec le phosphore et donne naissance au phospho-mellogène.

Dans la réaction électrolytique, nous avons étudié non seulement les produits qui se formaient dans l'électrolyte, mais encore, les gaz qui se dégageaient aux électrodes.

Au pôle négatif, dans tous les cas on a un abondant dégagement d'hydrogène; au pôle positif, on trouve un mélange d'anhydride carbonique, d'oxyde de carbone et un peu d'oxygène en proportions diverses, selon la nature de l'électrolyte.

Mais étudiant le phénomène dans le cas le plus simple, c'est-à-dire avec l'eau employée pour électrolyte, nous avons constaté :

Que le dégagement du gaz au pôle positif s'accroît avec l'intensité du courant.

Que le volume d'hydrogène dégagé dans le voltamètre à électrode de charbon est égal à celui qui se développe dans un voltamètre à électrode de platine.

Que, pour la même surface de charbon positif, quand on a un courant faible, le dégagement gazeux au pôle positif, comparé à celui du voltamètre normal, est très faible.

Qu'en augmentant l'intensité absolue du courant, on augmente le dégagement au pôle positif.

Nous avons étendu aussi ces recherches faites sur le charbon de cornue aux graphites employés comme électrode positive, et, dans ce cas, nous avons trouvé : que le graphite dans les solutions d'hydrates alcalins se réduit moins en poudre que le charbon de cornue, et que dans l'électrolyte on trouve les acides benzocarboniques.

Si au lieu d'hydrate potassique ou de soude, on expérimente avec la solution de carbonate ou bicarbonate d'ammoniaque on n'observe pas de désagrégation sensible.

Dans les électrolytes acides, sulfurique, nitrique, le graphite donne de l'acide graphitique qu'on trouve au fond du voltamètre mêlé avec une poudre de graphite.

L'acide phosphorique ne donne pas d'acide graphitique, mais au lieu de ce corps, donne un composé phospho-graphitique.

Le charbon de bois se comporte de la même manière que le charbon de cornue.

Maintenant nous avons à étudier l'action du charbon électrisé sur d'autres corps, comme l'alcool, la glycérine et le phénol.

Sous l'action du courant, le charbon, dans ces électrolytes, est plus ou moins désagrégé, et l'électrolyte est sensiblement modifié. Ces recherches sont assez avancées pour que nous puissions bientôt faire connaître les résultats de nos études.

G. Lunge. Action de l'acide sulfureux sur le bioxyde d'azote avec ou sans oxygène. (*Berichte*, XIV. 2196. Zurich.)

Le bioxyde d'azote sec n'agit pas sur l'acide sulfureux même à 100°, mais en présence d'eau, la réduction est complète, même en présence d'un grand excès de bioxyde d'azote. Mais cette réduction n'a pas lieu, lorsque les gaz se trouvent en présence d'acide sulfurique dilué (1,32-1,45). En

présence d'oxygène et d'eau, il se forme aussi un peu de protoxyde d'azote quand il n'y a point d'acide sulfurique, mais la réduction n'a pas lieu en présence d'acide sulfurique à 1.32.

G. Lunge. Analyse du protoxyde d'azote. (*Berichte*, XIV, 2188. Zurich. *Chem. Central-Blatt*, 1881, p. 770, pl. V.)

Lunge, après avoir de nouveau essayé toutes les méthodes de dosage du protoxyde d'azote, et reconnu qu'elles sont toutes plus ou moins inexactes, recommande de l'absorber par l'alcool absolu, préalablement privé d'air par l'ébullition; cette méthode est surtout bonne lorsque l'on a un mélange de N_2O et d'N à analyser.

R. Meyer. Préparation et propriétés de l'alcool benzylique. (*Berichte*, XIV, 2394, Coire.)

Meyer prépare l'alcool benzylique en traitant la benzaldéhyde par une dissolution de potasse dans l'eau ; le rendement est de 92 %. Contrairement à ce qu'on lit dans les livres, cet alcool est soluble dans l'eau, 100 parties d'eau dissolvent à 17°, 4 parties d'alcool; il bout à 204° (Corr.).

G. Lunge. Détermination des bicarbonates alcalins en présence des monocarbonates. (*Chem. Indust.*, IV, p. 369. Zurich.)

L'auteur ajoute à la dissolution une quantité connue d'ammoniaque en excès de façon à ce que tout le bicarbonate soit transformé en monocarbonate, puis il ajoute du chlorure de baryum en excès; l'alcalinité ne dépend plus alors que de l'excès d'ammoniaque et non plus du carbonate d'ammoniaque qui s'était d'abord formé aux dépens du bicarbonate. On titre donc et retranche du premier titrage. En formule, on a :

$$Na_2CO_3 + yNaHCO_3 + zNH_3 + (x + y)BaCl_2 =$$
$$= (2x + y)NaCl + yNH_4 + Cl + x + yBaCO_3 + (z - y)NH_3$$

ZOOLOGIE

O.-C. Marsh. The Wings of the Pterodactyles. Les ailes des Pterodactyles. *Nature*, n° 649, vol. 25, 6 avril 1882, p. 531-533, avec 3 fig. [1].

Cette notice sur les Ptérodactyliens est rédigée à propos de la description d'une espèce nouvelle (*Rhamphohrynchus phyllurus*, Marsh) provenant des célèbres calcaires lithographiques d'Eichstadt en Bavière qui ont déjà fourni l'Archæopteryx, le Compsognathus, etc. Pendant que les Musées d'Europe se disputaient ce remarquable fossile, M. Marsh envoyait une dépêche « par câble » et l'acquérait pour le Musée de New-Haven.

Les parties les plus importantes de l'animal sont très bien conservées et les impressions laissées par les membranes alaires et caudale sont très nettes. On peut se convaincre sur cet échantillon que les membranes étaient nues comme celles des chauves-souris. Les ailes étaient falciformes, rappelant un peu celles des hirondelles; on ne peut toutefois que conjecturer la manière dont elles se comportaient dans le voisinage des flancs et du membre postérieur. La queue était libre dans la plus grande partie de son étendue; ses 16 dernières vertèbres portaient une membrane un peu plus épaisse que celle des ailes et en forme de fer de lance élargi. Cette membrane, qui devait jouer le rôle de gouvernail, était soutenue par des apophyses qui, dans la partie supérieure partaient à peu près du milieu de chaque corps de vertèbre et représentaient ainsi évidemment des apophyses épineuses; dans la partie inférieure, des épines semblables naissaient au contraire près de l'articulation des vertèbres et étaient par conséquent des homologues des os en chevron (hæmapophyses). Ces apophyses, bien que suffisamment solides pour maintenir la membrane étendue, étaient seulement cartilagineuses et devaient avoir une certaine flexibilité.

[1] Cet article a paru aussi dans le numéro d'avril de l'*American Journal of Science*.

M. Marsh a pu étudier la ceinture thoracique sur les grands Ptérodactyliens crétacés du Musée de Yale College. Ces reptiles, qui sont représentés dans ces immenses collections par environ 600 individus, étaient presque tous de dimensions gigantesques, leur envergure atteignant de 15 à 20 pieds. La ceinture thoracique offre chez eux des dispositions d'adaptation en rapport avec le grand développement des membres antérieurs. Dans le genre *Pteranodon*, et probablement aussi dans d'autres genres de la formation crétacée, il n'y avait pas seulement une union solide de l'omoplate et du coracoïde, mais la ceinture était renforcée en outre par deux dispositions spéciales : 1° par l'ankylose de plusieurs vertèbres ; 2° par l'articulation que les omoplates robustes avaient contractées avec les apophyses épineuses communes de ces vertèbres. Ce mode particulier de renforcement de la ceinture thoracique qui nous offre une répétition de ce qu'on voit dans la ceinture pelvienne, n'avait encore été constaté chez aucun animal vertébré.

M. Marsh communique de nombreuses observations sur les os du carpe, du métacarpe et des doigts chez les Ptérodactyliens. Nous ne pouvons le suivre ici dans ces descriptions, un peu détaillées, et nous sommes obligés de renvoyer au mémoire original.

Le *Rhamphorhynchus phyllurus* se rapproche assez du *R. Gemmingi* de H. v. Meyer qui provenait du même horizon géologique et d'une localité voisine. Il s'en distingue toutefois nettement par ses dimensions, par l'ankylose complète de la clavicule et du coracoïde, et par le cinquième doigt de ses pattes postérieures qui est bien développé et composé de trois phalanges.

La notice de M. Marsh est accompagnée de trois figures dont la première représente le fossile à un quart de la grandeur naturelle et la seconde la région terminale de la queue ; la troisième est un essai de restauration de l'animal. L'auteur a sans doute l'intention de décrire ce curieux reptile dans une publication d'un grand format, car nous venons de recevoir de lui une belle planche lithographiée sur laquelle la pièce est figurée de grandeur naturelle. A.-H.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de MARS 1882

Le 1er, très fort vent du SO. pendant la nuit, et qui dure jusqu'au soir.
6, gelée blanche le matin, minimum + 1°,8.
8, gelée blanche le matin, minimum + 0°,7.
9, gelée blanche le matin, minimum + 0°,9.
10, gelée blanche le matin, minimum + 1°,4.
11, gelée blanche le matin, minimum + 1°,0.
12, gelée blanche le matin, minimum + 1°,3.
15, gelée blanche le matin, minimum + 1°,0.
16, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,8.
17, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,6.
18, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,4.
21, à 11 h. soir éclairs à l'Est; la pluie avait commencé un peu plus tôt vers 10 h. soir, et elle a duré toute la nuit.
22, giboulées de neige dans la matinée ; à 7 $^{1}/_{2}$ h. soir éclairs à l'Est.
23, très forte bise tout le jour, surtout l'après-midi et le soir.
24, la bise souffle encore avec force tout le jour, et elle tombe le soir.
27, giboulées de neige dans la matinée ; à 8 h. du matin les nuages sont poussés par une forte bise, le vent du SO. soufflant en bas.
28. gelée blanche le matin, minimum + 2°,1; assez forte bise dans la journée.
30, gelée blanche le matin, minimum — 0°,2.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 2 à 8 h. matin	722,59
10 à 8 h. matin	738,88
16 à 10 h. matin	739,83
21 à 10 h. matin	727,47
24 à 8 h. soir	724,99
28 à 8 h. matin	732,48

MINIMUM.

	mm
Le 1er à 6 h. matin	717,77
4 à 6 h. matin	712,31
12 à 4 h. après midi	733,41
20 à 4 h. après midi	724,07
23 à 6 et 8 h. soir	722,67
26 à midi	715,82
30 à 6 h. soir	719,17

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes				Pluie ou neige		Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	719,06	— 6,77	+ 8,41	+ 5,43	+ 5,6	+12,8	5,26	+0,79	658	—130	500	740	4,7	6	SSO. 2	0,87	6,7	+ 1,3	82,0
2	721,38	— 4,38	+ 6,43	+ 3,34	+ 4,0	+10,1	4,65	+0,17	663	—123	490	820	...	...	SSO. 2	0,73	6,4	+ 0,9	80,3
3	715,88	— 9,82	+ 6,09	+ 2,89	+ 1,3	+11,4	4,35	—0,14	632	—151	430	740	...	...	SO. 1	0,44	6,4	+ 0,9	80,8
4	713,57	—12,07	+ 5,74	+ 2,42	+ 1,2	+10,7	5,27	+0,76	766	— 15	490	910	0,5	1	variable	0,89	6,3	+ 0,8	80,7
5	726,72	+ 1,14	+ 7,03	+ 3,60	+ 5,1	+12,6	5,83	+1,31	788	+ 9	600	860	...	...	variable	0,49	...	.....	80,0
6	728,49	+ 2,96	+ 7,00	+ 3,45	+ 1,8	+13,4	5,91	+1,38	785	+ 9	550	880	0,1	1	SO. 1	0,78	6,7	+ 1,1	79,7
7	734,31	+ 8,84	+ 7,19	+ 3,53	+ 2,7	+12,2	5,75	+1,20	766	— 8	530	980	...	...	N. 1	0,08	6,4	+ 0,7	80,3
8	736,53	+11,12	+ 7,01	+ 3,23	+ 0,7	+14,3	5,42	+0,86	735	— 36	440	970	...	...	variable	0,00	6,8	+ 1,1	80,5
9	736,98	+11,62	+ 7,35	+ 3,45	+ 0,9	+15,0	5,80	+1,22	755	— 14	500	930	...	...	N. 1	0,06	7,3	+ 1,5	81,0
10	738,10	+12,80	+ 8,63	+ 4,61	+ 1,4	+17,0	5,68	+1,09	705	— 61	310	920	...	...	N. 1	0,02	6,8	+ 1,0	81,2
11	736,69	+11,44	+ 8,42	+ 4,28	+ 1,0	+15,9	5,43	+0,82	681	— 83	350	930	...	...	N. 1	0,00	7,6	+ 1,7	80,0
12	734,72	+ 9,52	+ 8,45	+ 4,19	+ 1,3	+16,1	5,59	+0,96	694	— 67	360	930	...	...	variable	0,01	...	....	80,8
13	736,54	+11,39	+ 8,44	+ 4,06	+ 5,9	+11,8	6,88	+2,24	837	+ 78	660	880	...	...	N. 1	0,68	8,0	+ 2,0	81,7
14	736,60	+11,50	+ 7,94	+ 3,43	+ 6,0	+11,8	6,46	+1,80	817	+ 61	640	890	...	...	N. 1	0,36	8,1	+ 2,0	81,9
15	736,73	+11,68	+ 8,18	+ 3,55	+ 1,0	+16,1	6,28	+1,60	768	+ 14	510	970	...	...	variable	0,03	8,5	+ 2,4	82,5
16	738,82	+13,81	+ 9,60	+ 4,85	+ 2,8	+16,9	6,16	+1,46	698	— 53	430	870	...	...	N. 1	0,00	8,5	+ 2,3	82,8
17	737,72	+12,76	+ 9,15	+ 4,27	+ 2,6	+16,0	6,15	+1,43	727	— 22	420	950	...	...	N. 1	0,06	8,7	+ 2,5	84,0
18	733,76	+ 8,84	+ 8,20	+ 3,20	+ 2,4	+13,4	6,32	+1,58	771	+ 24	570	940	...	...	N. 1	0,03	8,8	+ 2,5	84,0
19	729,00	+ 4,12	+10,51	+ 5,38	+ 3,0	+18,0	6,45	+1,68	689	— 55	380	940	...	...	variable	0,34	...	.....	83,6
20	725,33	+ 0,49	+13,45	+ 8,19	+ 9,1	+19,9	5,98	+1,19	558	—184	280	750	...	...	variable	0,52	10,7	+ 4,3	83,8
21	726,29	+ 1,48	+11,83	+ 6,45	+ 6,0	+17,9	5,77	+0,95	585	—155	360	810	...	...	SO. 2	0,32	9,5	+ 3,0	84,0
22	725,24	+ 0,47	+ 1,83	— 3,68	— 0,6	+ 9,7	4,14	—0,70	826	+ 88	500	920	26,2	11	variable	0,76	8,0	+ 1,5	88,0
23	726,62	+ 1,88	+ 1,57	— 4,07	— 0,9	+ 4,2	3,94	—0,93	775	+ 40	570	930	...	...	NNE. 3	0,53	7,2	+ 0,6	94,5
24	723,57	— 1,14	+ 2,20	— 3,57	+ 1,7	+ 3,6	3,90	—1,00	746	+ 13	670	750	...	...	NNE. 2	0,90	5,5	— 1,2	92,2
25	723,49	— 1,19	+ 5,36	— 0,54	— 0,2	+11,9	5,25	+0,32	769	+ 38	640	830	0,1	1	variable	0,93	6,1	— 0,6	90,0
26	718,32	— 6,33	+ 6,48	+ 0,45	+ 2,5	+10,9	5,74	+0,78	814	+ 85	670	960	4,7	8	SO. 2	0,93	...	.....	87,0
27	726,52	+ 1,89	+ 2,60	— 3,57	+ 0,8	+ 6,0	4,50	—0,49	827	+100	620	970	1,3	3	NE. 1	0,54	6,8	— 0,1	89,1
28	731,89	+ 7,29	+ 5,60	— 0,70	+ 2,1	+ 9,4	4,34	—0,69	648	— 77	490	780	...	...	N. 2	0,09	7,2	+ 0,2	87,0
29	730,01	+ 5,43	+ 5,14	— 1,29	— 1,0	+11,3	4,72	—0,34	721	— 2	460	920	...	...	variable	0,06	7,4	+ 0,4	89,6
30	722,05	— 2,51	+ 6,38	— 0,18	— 0,2	+12,9	5,49	+0,40	762	+ 41	520	980	...	...	N. 1	0,01	7,9	+ 0,8	88,5
31	721,17	— 3,38	+ 8,50	+ 1,80	+ 4,9	+13,9	5,03	—0,10	627	— 92	420	780	...	...	variable	0,74	8,1	+ 0,9	89,8

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1882.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,90	727,50	727,53	727,24	726,80	726,61	727,03	727,66	728,34
2e »	735,10	735,58	735,56	734,99	733,92	733,53	733,34	733,88	734,14
3e »	724,84	725,05	725,09	724,75	724,50	724,38	724,47	724,91	724,99
Mois	728,81	729,24	729,25	728,85	728,28	728,05	728,16	728,69	729,02
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 3,34	+ 5,08	+ 8,61	+10,37	+11,35	+11,89	+ 9,51	+ 7,74	+ 6,30
2e »	+ 3,84	+ 6,31	+10,40	+12,34	+14,29	+15,01	+13,98	+10,23	+ 8,34
3e »	+ 3,00	+ 4,58	+ 6,50	+ 7,56	+ 8,35	+ 8,26	+ 7,53	+ 5,91	+ 4,41
Mois	+ 3,38	+ 5,30	+ 8,44	+10,01	+11,23	+11,61	+10,25	+ 7,90	+ 6,29
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,98	5,32	5,43	5,45	5,41	5,11	5,67	5,91	5,62
2e »	5,46	6,11	6,35	6,19	5,92	5,96	6,48	6,87	6,55
3e »	4,69	4,96	4,79	4,63	4,77	4,92	4,81	5,02	5,00
Mois	5,03	5,45	5,50	5,40	5,35	5,32	5,62	5,91	5,70
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	859	810	649	582	545	499	642	751	786
2e »	904	855	676	589	497	487	555	745	804
3e »	825	776	663	602	590	624	625	720	799
Mois	861	813	663	591	546	539	608	738	797

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 2,47	+ 12,95	0,44	+ 6,64	5,3	80,65
2e »	+ 3,51	+ 15,59	0,20	+ 8,61	—	82,51
3e »	+ 1,37	+ 10,15	0,53	+ 7,37	32,3	89,06
Mois	+ 2,42	+ 12,81	0,39	+ 7,50	37,6	84,24

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 1,00.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,99 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 74°,9 O. et son intensité est égale à 8,45 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1882.

Le 1er, brouillard et neige tout le jour.
3, brouillard et neige le soir, fort vent du SO.; la neige n'a pu être recueillie qu'en partie.
4, neige le matin par un très fort vent du SO., brouillard tout le jour; la neige n'a été recueillie qu'en partie.
5, brouillard le matin.
6, brouillard le soir, forte bise.
20, fort vent du SO. tout le jour; quelques flocons de neige à 8 h. matin.
21, fort vent du SO. tout le jour, brouillard par moments.
22, neige et brouillard tout le jour, par une très forte bise, qui a emporté une partie de la neige.
23, brouillard tout le jour, très forte bise.
25, brouillard presque tout le jour, forte bise.
26, brouillard le matin avec un fort vent du SO. jusqu'à 2 h. après midi; à 2 h. après midi la neige commence à tomber, et il souffle depuis 4 h. une très forte bise, qui emporte une partie de la neige.
27, brouillard tout le jour, forte bise.
30, brouillard le soir, fort vent du SO.
31, brouillard et fort vent du SO. tout le jour; neige depuis 4 h. soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 4 h. après midi......	556,43
Le 2 à midi.................	557,93		
		4 à 6 h. matin..........	551,95
10 à 10 h. soir............	575,13		
		12 à 6 h. soir............	570,95
16 à 10 h. soir............	575,53		
		23 à 6 h. matin..........	554,01
25 à 10 h. soir........ ...	559,31		
		26 à 2 h. après midi......	554,27
28 à 10 h. soir............	565,91		
		31 à 6 h. matin..........	557,90

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	556,95	— 2,74	556,43	557,86	— 4,77	+ 3,46	— 7,2	— 2,1	140	13,9	....	SO. 1	0,96
2	557,17	— 2,51	556,15	557,93	— 8,33	— 0,16	— 9,6	— 5,0	.....	.....	....	SO. 1	0,26
3	553,43	— 6,25	552,91	554,19	— 8,45	— 0,34	—11,8	— 5,3	40	4,8	....	SO. 1	0,39
4	553,76	— 5,91	551,95	557,06	— 7,66	+ 0,39	— 8,0	— 6,2	90	8,7	....	SO. 2	0,84
5	561,87	+ 2,20	560,39	562,94	— 5,91	+ 2,08	— 7,0	— 2,4	.....	.....	....	NE. 1	0,34
6	563,52	+ 3,86	562,58	564,93	— 6,26	+ 1,66	— 8,6	— 3,3	.....	.....	....	NE. 1	0,37
7	569,00	+ 9,34	566,39	571,03	— 3,82	+ 4,03	— 6,2	— 0,4	.....	.....	....	NE. 1	0,16
8	572,37	+12,71	571,68	573,02	+ 1,23	+ 9,01	— 2,0	+ 5,4	.....	.....	....	SO. 1	0,00
9	573,03	+13,36	572,74	573,59	+ 0,67	+ 8,38	— 0,5	+ 3,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
10	574,84	+15,17	574,20	575,13	+ 2,15	+ 9,79	+ 0,1	+ 5,9	.....	.....	....	NE. 1	0,00
11	573,25	+13,57	572,01	574,00	+ 2,14	+ 9,70	+ 0,8	+ 4,7	.....	.....	....	NE. 1	0,00
12	571,40	+11,71	570,95	571,91	+ 0,49	+ 7,97	— 2,2	+ 3,9	.....	.....	....	NE. 1	0,00
13	571,84	+12,14	571,14	572,40	— 0,77	+ 6,63	— 3,7	+ 3,7	.....	.....	....	variable	0,04
14	572,67	+12,96	572,22	572,92	+ 1,01	+ 8,33	— 2,1	+ 4,4	.....	.....	....	SO. 1	0,00
15	573,24	+13,51	572,47	574,14	+ 0,52	+ 7,75	— 1,1	+ 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
16	575,18	+15,43	574,63	575,53	+ 2,32	+ 9,46	— 0,6	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
17	574,55	+14,78	573,71	575,16	+ 3,15	+10,20	+ 0,4	+ 7,5	.....	.....	....	variable	0,06
18	571,53	+11,74	570,32	572,37	+ 2,63	+ 9,59	+ 0,1	+ 6,6	.....	.....	....	variable	0,01
19	567,19	+ 7,37	565,98	568,53	+ 0,99	+ 7,86	— 1,3	+ 3,7	.....	.....	....	SO. 1	0,47
20	564,61	+ 4,76	564,14	565,30	— 1,68	+ 5,09	— 2,7	+ 0,7	.....	.....	....	SO. 2	0,44
21	563,93	+ 4,05	562,88	564,59	— 1,88	+ 4,79	— 4,0	+ 2,0	.....	.....	....	SO. 2	0,39
22	556,93	— 2,98	556,13	557,66	—10,15	— 3,58	—15,5	— 4,3	180	13,4	....	NE. 3	0,96
23	554,86	— 5,08	554,01	555,65	—13,98	— 7,51	—17,7	—10,0	.....	.....	....	NE. 3	1,00
24	557,19	— 2,79	556,49	558,14	— 4,32	+ 2,05	— 7,9	0,0	.....	.....	....	NE. 1	0,47
25	558,47	— 1,55	558,22	559,31	— 6,22	+ 0,04	— 9,2	— 3,4	.....	.....	....	NE. 2	0,87
26	555,49	— 4,57	554,29	557,29	— 4,67	+ 1,49	— 9,4	+ 0,4	80	6,8	....	NE. 2	0,93
27	558,30	— 1,80	555,74	561,44	—12,27	— 6,22	—13,1	— 9,6	.....	.....	....	NE. 2	0,79
28	564,58	+ 4,43	562,93	565,91	— 8,38	— 2,44	—13,1	— 5,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
29	564,57	+ 4,37	563,77	565,12	— 2,12	+ 3,71	— 5,9	+ 1,7	.....	.....	....	NE. 1	0,06
30	559,93	— 0,32	559,01	561,52	— 0,93	+ 4,79	— 2,8	+ 1,9	.....	.....	....	SO. 1	0,19
31	558,19	— 2,11	557,90	558,53	— 3,96	+ 1,64	— 4,5	— 2,4	100	9,9	....	SO. 2	0,91

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1882.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	562,94	563,15	563,42	563,53	563,60	563,64	563,86	564,10	564,42
2e »	571,74	571,80	571,90	571,77	571,55	571,40	571,24	571,40	571,44
3e »	559,19	559,27	559,39	559,37	559,21	559,20	559,37	559,52	559,62
Mois	564,45	564,57	564,72	564,71	564,60	564,57	564,65	564,83	564,98
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,39	— 4,71	— 3,42	— 1,41	— 1,23	— 2,24	— 4,03	— 4,66	— 4,63
2e »	— 0,96	+ 1,00	+ 2,37	+ 3,97	+ 4,09	+ 3,49	+ 1,33	+ 0,02	— 0,27
3e »	— 7,52	— 5,95	— 4,70	— 3,58	— 3,44	— 4,56	— 6,69	— 7,08	— 7,52
Mois	— 4,72	— 3,31	— 2,01	— 0,44	— 0,30	— 1,22	— 3,25	— 4,01	— 4,25

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 6,08	— 1,01	0,33	27,4	270
2e »	— 1,24	+ 4,52	0,10	—	—
3e »	— 9,37	— 2,63	0,60	30,1	360
Mois	— 5,69	+ 0,20	0,35	57,5	630

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 1.00.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,45 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 26,2 sur 100.

ÉTUDE

SUR LA

CONSTITUTION CHIMIQUE DES SUBSTANCES ALBUMINOIDES

PAR

M. le Dr A. DANILEWSKY

(Suite [1].)

2me TYPE

Peptonisation par la trypsine en présence d'alcali.

La peptonisation par la trypsine est beaucoup moins connue que celle de la pepsine. Celle-ci se produit en présence d'un acide, celle-là peut se faire en solution acide ou alcaline.

Si l'on consulte les publications qui traitent des produits de transformations de l'albumine sous l'influence de la trypsine, on remarque que l'acidalbumine ne se forme jamais dans ce cas, mais, d'après quelques auteurs, de « l'albumine soluble » prendrait naissance ou bien il se formerait en présence d'alcali [2] un albuminate, d'après d'autres [3] une globuline. Ces corps seraient alors transformés en peptones. Jusqu'à présent, on ne connaît pas d'autres produits intermédiaires.

Les principaux auteurs pensent que la peptone de la

[1] Voy. *Archives*, 1882, t. VII, p. 150.
[2] R. Maly, Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. V.
[3] Hoppe-Seyler, Physiologische Chemie.

trypsine est l'analogue de celle de la pepsine, c'est à dire qu'elle n'est autre chose que de l'albumine liquéfiée, un produit de transformation et non de décomposition. Même M. *Hoppe-Seyler* ne trouve aucun argument contre l'identité des deux peptones [1].

M. *Kuhne* [2] émet une tout autre idée; il admet que les substances albuminoïdes sont tout d'abord scindées par la trypsine en « hemialbumose » et « antialbumose » transformées chacune de leur côté en hemi- et antipeptone. Cette manière de voir est en complète contradiction avec mes travaux ; il est donc nécessaire de rechercher les causes de cette divergence. Selon moi, nous les trouvons dans les faits suivants : Déjà Corvisart, qui découvrit la propriété digestive du suc pancréatique, avait remarqué que la trypsine transformait plus vite et mieux les substances albuminoïdes que les ferments stomacaux, et même W. Kuhne avait tout spécialement insisté sur le pouvoir extraordinaire de peptonification que possède la trypsine.

En ce qui me concerne, je puis affirmer que l'action de la trypsine est si prompte, surtout au commencement de la réaction, que l'on a à peine le temps de remarquer les produits intermédiaires. L'action du ferment ne s'arrête pas à la formation de la peptone, mais se continue jusqu'à la décomposition moléculaire de celle-ci.

Je considère donc les peptones de Kuhne comme les produits de décomposition d'une vraie peptone dont l'existence intermédiaire lui aurait échappé. Une autre cause d'erreur de M. *Kuhne* est que, comme la plupart des au-

[1] Loc. cit.

[2] *Verhandlungen des Naturhist. Med. Vereins* zu Heidelberg. Bd. I, Heft 4.

tres expérimentateurs, il confond les produits de l'effet de la pepsine et de la trypsine. D'après M. Kuhne, son schema de transformations digestives convient séparément à chaque ferment mentionné, tandis que pour moi il représente des produits formés par l'influence des deux ferments différents. Ces produits, comme il sera démontré plus loin, possèdent des caractères chimiques différents et ne peuvent pas être indistinctement attribués à l'un ou à l'autre ferment.

Ainsi tous les auteurs sont d'accord pour admettre qu'il ne se forme jamais d'acidalbumine sous l'influence de la trypsine.

Il est nécessaire avant tout de bien connaître la réaction du liquide que l'on étudie, car l'action de la trypsine est différente en solution acide ou alcaline, non seulement par la qualité du produit, mais aussi par la quantité. Nous examinerons premièrement la peptonisation en solution alcaline.

En présence d'un alcali fixe ou d'un carbonate alcalin, l'action du ferment est très énergique, et afin de pouvoir observer les différents produits intermédiaires, il est nécessaire d'employer aussi peu de ferment que possible. Par exemple, on emploie pour l'albumine de douze œufs, 5 à 10 centimètres cubes de pancréatine en solution dans la glycérine (préparation de Sittel à Heidelberg).

L'albumine β est mélangée à l'eau, on ajoute un léger excès de lessive de soude diluée. Alors seulement on ajoute le ferment et on laisse digérer à 30-35° C.

On examine de temps en temps la réaction du liquide avec la tropæoline 000 n° 1, et l'on remarque que l'alcali a disparu ; on en rajoute à plusieurs reprises jusqu'à ce qu'un léger excès ne disparaisse plus que très lentement et même plus du tout.

Neutralise-t-on de temps en temps une petite portion du liquide, il se précipite un mélange de substances, formé de toute une série de produits digestifs analogues, mais non semblables à ceux fournis par la pepsine. Ces corps peuvent se diviser en trois groupes et se séparer par une méthode aussi simple que sûre.

On fait bouillir le liquide à examiner pendant quelques instants, laisse refroidir et neutralise, filtre et lave le précipité avec de l'alcool (20-30 °/₀). Le liquide filtré est alors concentré au bain-marie, et l'on ajoute au précipité sur le filtre le dépôt peu volumineux qui aurait pu se former par concentration. On obtient ainsi un liquide sirupeux qui contient *le groupe des peptones* et que nous allons étudier bientôt.

Le précipité lavé est trituré avec de l'alcool à 50 °/₀, chauffé, puis filtré à chaud. Par refroidissement, le liquide fortement acide devient laiteux, puis laisse bientôt déposer des flocons blancs, qui sont identiques aux substances protalbiques acides formées par l'action d'un alcali sur l'albumine, c'est à dire qu'ils renferment les quatre protalbines déjà décrites, et qui se laissent séparer de la même manière. Le précipité de neutralisation, épuisé par l'alcool, contient comme résidu de l'albumine β à l'état coagulé.

La formation des substances protalbiques sous l'influence de la trypsine est plus rapide qu'en présence d'un alcali seul, mais alors il est nécessaire de maintenir le liquide légèrement alcalin. Ces corps protalbiques, qui résistent longtemps à l'action d'un alcali seul même en chauffant d'une manière modérée, sont transformés très rapidement en peptones sous l'influence de la trypsine. En effet, en présence de beaucoup de ferment (par exemple 1 à 2 c. c. de solution de pancréatine dans la glycé-

rine pour un gramme d'albumine), la transformation des substances protalbiques est si prompte que 15 à 20 minutes après le commencement de l'expérience on n'en trouve plus que des traces.

Dans un précédent chapitre j'ai indiqué que ce groupe renferme au moins trois corps différents, et que par des réactions de couleur, l'on peut s'assurer de leur présence.

En appliquant ces réactions (évaporation à sec avec un peu d'alcool et d'acide acétique) aux substances dérivées de la trypsine, on obtient les mêmes résultats, mais plus l'action du ferment a été prolongée, plus la coloration du résidu tire sur l'orangé, puis sur le rose rouge.

La filiation des couleurs est la même que pour les substances obtenues par l'alcali seul, c'est-à-dire gris, jaune, orange, rouge ; donc, dans les deux cas, ces corps doivent aussi se former les uns des autres dans le même ordre, ainsi : albumine, protalbine, protalbinine, protalborangine, protalbroséine.

Ces colorations peuvent facilement être utilisées pour observer la rapidité extraordinaire de formation et de transformation de ces corps protalbiques, car aussitôt que le dernier terme de la réaction, la protalbroséine, est devenue peptone, les colorations disparaissent.

Le liquide séparé des substances protalbiques, puis concentré, comme je l'ai indiqué plus haut, contient les peptones; c'est un mélange de trois substances différentes.

La peptone la plus voisine des corps protalbiques est soluble à froid dans l'eau et dans l'alcool (10-15 °/₀), donnant une solution acide. Très peu d'acide nitrique concentré produit un trouble soluble dans un petit excès d'acide. Le sulfate de cuivre donne aussi un trouble après un certain temps, de même le ferro-cyanure de potassium et l'acide acétique, seulement le trouble augmente

peu à peu. L'acétate de zinc donne un précipité blanc, ainsi que le chlorure ferrique, en évitant toutefois un excès.

Ce corps, bien que soluble dans l'eau avec une couleur brune et donnant une solution acide, ne peut être regardé comme de la peptone. Il ne contient aucune substance protalbique et est soluble dans l'alcool 10-20 °/₀. Un signe infaillible pour le différencier et le séparer des peptones, consiste en ce qu'il ne fixe pas les acides minéraux à la température ordinaire, ce que font les peptones. Cette substance, qui dérive de la protalbroséine soit par l'action du ferment, soit par l'action d'un solution de soude 3-4 °/₀, peut être de nouveau transformée en protalbroséine (voir plus loin). Je l'ai nommée *protalbogène.*

La seconde substance est qualitativement très semblable à la pseudo-peptone de la pepsine, soluble dans l'eau et l'alcool 30-40 °/₀. Sa solution est acide, et elle fixe à 15° les acides et alcalis, et donne des précipités seulement avec l'acétate de zinc, le ferrocyanure et l'acide acétique. C'est la *pseudo-peptone de la série tryptique* ou mieux la *pseudo-tryptone* [1].

Enfin, le mélange renferme encore la vraie *tryptone,* la peptone de la trypsine, soluble dans l'eau et l'alcool (70-80 °/₀). Elle fixe les acides et les alcalis et ne donne plus aucun précipité avec les réactifs indiqués.

Pour séparer les produits de l'action de la trypsine, il convient d'opérer comme suit. Si l'on veut obtenir dans la liqueur digérée les produits intermédiaires, on emploie très peu de ferment, et on en interrompt l'action par l'ébullition au moment où une portion du liquide donne

[1] Comme je démontrerai que les peptones de types différents ne sont pas identiques, je trouve très commode de conserver le nom de Tryptone proposé par M. Fano, *Berichte deutsch. chem. Ges.*, 1881, p. 2698.

par neutralisation un fort précipité acide se dissolvant en grande partie dans l'alcool bouillant à 50 %. Mais si l'on veut obtenir principalement les peptones, on arrêtera l'action du ferment au moment où, par neutralisation, on a un faible précipité. L'acide doit s'ajouter avec précaution afin de séparer complètement les corps insolubles.

On filtre alors et lave le précipité avec l'alcool 30 %; on en extrait les substances protalbiques avec l'alcool bouillant, 50 %; ces corps se séparent comme il a été indiqué dans les précédents chapitres.

Le liquide filtré est concentré au bain-marie à consistance sirupeuse, puis trituré et extrait à l'alcool froid, 80 % [1]. L'alcool extrait la tryptone mélangée avec peu d'autres peptones. On extrait du résidu la pseudo-tryptone avec l'alcool 35-40 %. On épuise le résidu avec de l'alcool 15 % qui dissout le protalbogène.

Une solution du corps le plus inférieur entraîne toujours quelque peu des corps semblables qui s'en séparent du reste par refroidissement.

On peut les éloigner par des concentrations successives, puis on extrait avec de l'alcool de même force. On purifie aussi longtemps que la substance à isoler présente encore les réactions des corps voisins.

Les corps protalbiques acides ne sont pas solubles dans l'eau chaude et semblent incapables de former des hydrates solubles comme les corps syntoprotalbiques; donc l'ébullition ne nuit pas au liquide digéré avec le ferment.

La table suivante donne un aperçu des propriétés de tous ces corps.

[1] Si l'on a employé une solution de ferment dans la glycérine, il faut absolument enlever celle-ci avec de l'alcool 96 % à froid.

TABLEAU SEPTIÈME

Groupes.	Produits de transition.	Caractère chimique.	Action. Tournesol.	Action. Dissolvants.	Précipités par Neutralisation.	NO^3H	Fe^2Cl^6	SO^4Cu	Acide acétique et NaCl	Acétate de zinc.	Ferrocyanure de potassium et acide acétique.
Albumines.	Albumine β.	Acide.	Rougit légèrement.	Insoluble dans eau et alcool.	+	+	+	+	+	+	+
Groupe protalbique	Protalbine.	Acide.	Rougit.	Insolubles dans l'eau. Solubles dans l'alcool dilué à chaud.	+	+	+	+	+	+	+
	Protalbinine.	Acide.	»		+	+	+	+	+	+	+
	Protalborangine	Acide.	»		+	+	+	+	+	+	+
	Protalbroséine.	Acide.	»		+	+ soluble dans un excès.	+ un peu soluble dans un excès.	+	+	+	+
Groupe des peptones.	Protalbogène.	Acide.	Rougit.	Solubles dans l'eau et l'alcool dilué.	o	+ faible.	+ faible.	+ faible.	o	+ faible.	+
	Pseudotryptone	Acide et base.	»		o	o	o	o	o	+ faible.	+
	Tryptone.	Acide et base.	»		o	o	o	o	o	o	o

En général, la trypsine peut produire avec d'autres substances albuminoïdes les mêmes dérivés; mais quelques-unes, la myosine, la syntonine des muscles, la syntonide, sont transformées plus lentement que l'albumine d'œuf et la caséine.

Cette observation cadre fort bien avec celles de Schwerin [1].

Les corps protalbiques dérivés de la myosine, etc., sont plus transparents, moins blancs que ceux de l'albumine, et conservent le caractère basique des substances mères.

La caséine étant un mélange d'albumine avec plus ou moins de substances protalbiques, doit se comporter avec la trypsine et l'alcali comme de l'albumine, ce que prouvent du reste les observations suivantes.

La caséine est très vite peptonisée par la trypsine et les alcalis. De plus, si l'on fait avec l'albumine β un essai de digestion en solution alcaline avec peu de trypsine, et interrompant l'opération au moment où une portion de liqueur donne un abondant précipité par neutralisation, ce précipité montre les principales réactions de la caséine, et peut même être coagulé par la présure en présence de chaux et d'acide phosphorique. Ceci concorde avec les données de Maly [2] d'après lesquelles la trypsine forme en solution alcaline des albuminates avec l'albumine d'œuf.

Je n'ai jamais observé la présence de globulines pendant l'action de la trypsine en employant l'albumine d'œuf, mais bien avec la myosine et la syntonine; donc, je crois que les données de Hoppe-Seyler sur ce sujet ne peuvent se rapporter qu'à ces substances.

[1] R. Maly, Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. V.

[2] Hermann's Handbuch der Physiologie, B. V.

Il existe dans l'organisme animal un autre ferment, celui des glandes lactifères [1], complètement analogue à la trypsine quant à son action, mais qui est beaucoup plus faible.

Son action sur l'albumine β semble se restreindre à la formation des substances protalbiques, de telle manière que l'on peut obtenir beaucoup de ces corps sous forme de précipité en neutralisant, c'est-à-dire que l'on peut produire une caséine complète.

La trypsine paraît, comme la pepsine, se combiner avec la molécule d'albumine d'une manière si complète qu'elle ne peut s'en séparer avant que l'albumine ne soit devenue peptone. En effet, en présence de peu de ferment, toute l'albumine n'entre pas en réaction pour former des corps intermédiaires, mais une partie seulement est transformée en peptone passant par tous les degrés. Il peut donc arriver qu'en présence de beaucoup de peptone et d'albumine non transformée l'on ait peu de corps intermédiaires, si on a manqué le moment favorable pour les recueillir.

On peut facilement se rendre compte de la quantité d'alcali nécessaire pour que l'action de la trypsine soit complète, car l'alcali est destiné à neutraliser l'acidité des substances protalbiques et des peptones. Un peu d'alcali peut être défavorable à l'action du ferment, mais un léger excès indiqué seulement par la tropæoline 000, n° 1, ne peut pas la gêner, et même je crois convenable de le maintenir toujours dans la liqueur de digestion.

Je n'ai jamais pu scinder les substances protalbiques

[1] A. Danilevsky et P. Radenhausen. Ueber die Eiweissstoffe der Milch. Petersens Vorschungen 1880, Heft. 9.

pendant la peptonisation. Leur formation aux dépens de l'albumine β, soit par un alcali seul, soit par la trypsine et l'alcali, ou le ferment des glandes lactifères, est toujours accompagnée d'une séparation de soufre, calcium, magnésium et d'acide phosphorique. Mais aucun groupe organique n'est séparé.

La formation de la protalbroséine aux dépens des corps protalbiques supérieurs se fait seulement avec élimination de soufre ; on peut même effectuer la réaction inverse : ainsi pour transformer la protalbine en albumine, il suffit d'ajouter des éléments inorganiques (voir plus loin). La protalbroséine étant le dernier terme intermédiaire avant les peptones, cela prouve que la peptonisation par la trypsine se produit sans scission de la molécule d'albumine.

Ceci est valable aussi pour les termes de décomposition subséquents y compris la peptone, de sorte que je ne puis accepter la théorie de W. Kuhne, et que je dois affirmer que, par l'action du ferment en présence d'alcali, il se forme de la vraie peptone, mais qu'elle peut se scinder après sa formation.

Les deux tableaux qui suivent indiquent les substances qui se forment par l'action de la trypsine sur l'albumine β en solution alcaline, ainsi que leurs réactions.

TABLEAU HUITIÈME

Groupe protalbique.

Réactifs.	Protalbine.	Protalbinine.	Protalborangine.	Protalbroséine.
1. Eau.	Deviennent laiteuses, la solution rougit le tournesol.			
	En chauffant se ramollissent.		En chauffant elles semblent se fondre e deviennent grises.	
2. Alcool.	Soluble dans alcool. 40–60 $^0/_0$ se sépare par refroidissement.	Soluble 40–60 $^0/_0$, la séparation est assez bonne.	Soluble dans alcool 30–60 $^0/_0$. La séparation se fait lentement.	Soluble dans alcoo 25–60 $^0/_0$ déjà à 55–60°, se sépare lentement et sous forme pulvérulente
3. Réaction de couleur avec l'alcool et acide acétique à chaud.	Sans réaction.	Jaune paille.	Orange.	Rouge-rose.
4. HCl à 15°.	Soluble. L'acide n'est pas fixé.	Soluble peu à peu. L'acide n'est pas fixé.	Facilement soluble sans fixer l'acide.	Se dissout sans fixer l'acide.
5. Alcali dilué à 15°.	Sont dissoutes, et donnent des combinaisons alcalines.			
6. NO^3H concentré.	Précipité insoluble dans un excès.	Dito.	Précipité en partie soluble dans un excès.	Précipité soluble dans un excès.
7. Sels des métaux lourds.	Sont précipitées, un excès de réactif ne redissout pas le précipité.			
8. Neutralisation.	Sont précipitées par un petit excès d'acide. La présence de sels alcalins nécessite un plus grand excès d'acide.			
9. Acide acétique et Na Cl.	Précipitées de leurs solutions acides.			
10. Tannin, acide picrique, réactifs des alcaloïdes.	Les précipitent aussitôt.			
11. Réactif de Millon.	Précipités blancs, qui, chauffés, diminuent de volume et deviennent rouge carmin.			
12. Réaction de Pettenkoffer.	Se produit lorsqu'on agit avec précaution.			
13. Réaction xanthoprotéique.	Dito.	Dito.	Dito.	Dito.
14. SO^4Cu et $NaOH$	Coloration faiblement violette; bleue avec un excès de SO^4Cu. Par l'ébullition, il ne se fait ni réduction, ni trouble.			
15. Na OH.	En chauffant, il se dégage des vapeurs alcalines.			
16. Na OH et Pb O.	Les solutions deviennent brunes à chaud, il se forme peu à peu du sulfure de plomb.		A l'ébullition, les solutions restent incolores, il ne se forme point de sulfure de plomb.	

TABLEAU NEUVIÈME

Groupe des peptones.

Réactifs.	Protalbogène.	Pseudotryptone.	Tryptone.
1. L'eau.	Sont solubles avec une réaction acide.		
2. L'alcool.	Est soluble dans l'alcool froid de 10 % à 15 %.	Est soluble dans l'alcool froid de 30 à 40 %.	Est soluble dans l'alcool froid de 70 à 80 %.
3. Evaporations répétées avec l'alcool et acide acétique à sec.	Les bords des résidus sont faiblement orange.	Les bords deviennent faiblement rose.	Ne donne pas le résidu coloré.
4. Acide nitrique concentré.	Un faible trouble qui se dissout avec peu d'acide.	Reste limpide.	Reste limpide.
5. Acides minéraux dilués.	Ne les fixe pas à 15°.	Fixe l'acide à 15°.	Fixe l'acide à 15°.
6. Alcalis caustiques dilués.	Les trois corps les fixent à 15°.		
7. Neutralisation des solutions dans les acides ou dans les alcalis.	Les trois corps ne sont pas précipités.		
8. Les sels neutres.	Est précipité difficilement.	Ne sont pas précipitées.	
9. Perchlorure de fer.	Ne sont pas précipités.		
10. Ferrocyanure de potassium avec un peu d'acide acétique.	Les dissolutions sont troublées.		N'est pas précipitée.
11. Sulfate cuivrique.	Faible précipité.	Idem.	Reste limpide.
12. Acétate de zinc.	Trouble qui augmente en chauffant.	Idem, mais un peu plus faible.	Très faible opalescence qui se développe peu à peu.
13. Tannin, et les réactifs alcaloïdes.	Tous les trois sont précipités.		
14. Réactif de Millon.	Les trois corps donnent des précipités qui, lorsqu'on chauffe, diminuent de volume et deviennent rouge foncé.		
15. Réaction de Pettenkoffer.	Se produit nettement.		
16. $NaHO + SO_4Cu$.	Coloration rouge-violet foncée.		
17. $NaHO + PbO_2H_2$.	Il ne se forme pas de sulfure de plomb à l'ébullition.		
18. NaHO.	En chauffant il se dégage des vapeurs alcalines.		
19. Calcination.	Ne donnent presque pas de cendres lorsqu'ils ont été bien purifiés.		

3me TYPE DE PEPTONISATION

La trypsine se différencie de la pepsine par la propriété qu'elle possède de digérer les substances albuminoïdes en solution, soit acide, soit alcaline. L'action de ces deux ferments en solutions acides n'est pas semblable.

La nature de l'acide n'a aucune influence sur l'action de la trypsine, à condition qu'il soit en quantité convenable, quantité que l'on doit toujours connaître et maintenir dans chaque essai.

La pepsine, qui transforme les substances albuminoïdes en syntonine et syntonide sous l'influence d'acide chlorhydrique 0,5 °/₀, peut agir en présence d'un acide plus concentré, qui serait préjudiciable à l'action de la trypsine, puisqu'un acide 0,2 °/₀ l'est déjà. En résumé, l'action de l'acide chlorhydrique sur les corps albuminoïdes ne doit pas se faire pendant la peptonisation pancréatique, sans quoi l'action de la trypsine est empêchée. Il est donc pratique de substituer à l'acide chlorhydrique l'acide acétique qui n'a aucune action à l'état dilué sur l'albumine, la trypsine pouvant en supporter 3 °/₀.

Pour ces essais, il est convenable d'opérer comme suit. L'albumine β, récemment précipitée, est triturée avec l'eau; puis on ajoute de l'acide acétique très dilué jusqu'à ce que la proportion atteigne 1 °/₀.

L'albumine se gonfle, puis se dissout peu à peu, en laissant digérer pendant 36 à 48 heures le liquide à 35-40° C. avec une quantité de trypsine 3-4 fois plus forte que pour la digestion de la trypsine en présence d'alcali.

Le liquide digéré donne en le neutralisant un précipité

abondant, qui, pendant le cours de la réaction, ne diminue que peu à peu. Ce précipité contient un corps soluble à chaud dans l'alcool 50 °/₀, mais qui, par refroidissement, se précipite sous forme de flocons blancs. En général, semblable aux substances protalbiques, ce corps se distingue pourtant des corps protalbiques et syntoprotalbiques par sa complète indifférence envers les acides et les bases, qui ne sont pas fixés. Cependant le produit brut neutralise une trace d'alcali, ce qui peut être imputé à une petite quantité de la substance mère non transformée. Pendant que les corps protalbiques acides ne se dissolvent pas du tout dans l'eau bouillante, et que par contre les substances basiques syntoprotalbiques sont complètement solubles, le corps dont nous nous occupons est scindé par l'ébullition avec l'eau en parties inégales : l'une, la plus petite, entre en solution, l'autre, de beaucoup la plus grande, est complètement insoluble.

La partie soluble possède la réaction des glucosides, c'est-à-dire que ce corps, après l'avoir fait bouillir avec l'acide sulfurique dilué, retient les sels de cuivre avec formation d'oxyde cuivreux. Déjà cette réduction se remarque avant l'action de l'acide sulfurique, si on sature la solution alcaline de ce corps avec de l'hydrate de cuivre, et qu'après avoir enlevé l'excès de cuivre, on fasse bouillir pendant longtemps la solution.

Le produit de digestion primitif qui se sépare d'une solution alcoolique chaude, peut même donner cette réaction, seulement l'oxyde cuivreux reste en solution, la liqueur devient très trouble et d'un rouge-vineux. Cette réaction manque complètement aux corps protalbiques et syntoprotalbiques.

Cette substance, semblable à un glucoside, sera étudiée

dans la seconde partie de ce travail; seulement on ne peut pas la confondre avec les substances protalbiques et syntoprotalbiques qui ne réduisent pas les sels de cuivre et qui ne sont pas, comme elle, indifférentes envers les bases et acides. Sa solubilité à chaud dans l'alcool dilué, son insolubilité dans l'eau, m'ont conduit à classer ce corps parmi les substances protalbiques et à le nommer *glycoprotalbine.*

Ce corps est probablement un mélange de plusieurs dérivés très voisins, analogues aux différentes substances protalbiques et syntoprotalbiques, mais je ne les ai pas encore séparés.

Plus l'on emploie de trypsine, plus son action a été prolongée, moins on obtient de dérivés glycoprotalbiques.

A mesure que ces corps se transforment, le groupe des peptones augmente; ceux-ci restent en solution après séparation du précipité obtenu par neutralisation. Ces peptones de la trypsine en solution acide ne prennent naissance que des glycoprotalbines, mais ne se forment pas directement de l'albumine en même temps que ces corps. En voici la preuve : 1° Les glycoprotalbines de la trypsine en présence d'acide, sont transformées en peptones. 2e Ces peptones possèdent aussi la propriété de réduire les sels de cuivre. 3° Si l'on examine une portion du liquide digestif toutes les une ou deux heures, on ne trouve pas de peptones solubles avant l'apparition des substances glycoprotalbiques insolubles, mais on remarque au contraire la présence de ces derniers corps, lorsqu'il n'y a encore que des traces de peptones dans la liqueur.

La solution concentrée des peptones est traitée successivement par l'alcool de différentes forces, comme cela a été indiqué pour d'autres types de peptonisation; on

peut ainsi parvenir à séparer plusieurs peptones se comportant d'une manière différente avec les sels métalliques.

On obtient en général la vraie peptone par l'alcool 70-80 °/₀ à froid, corps qui ne donne aucun précipité avec les sels métalliques, excepté avec le sublimé. L'alcool froid 30-40 °/₀ extrait la pseudo-peptone qui donne avec le ferrocyanure de potassium, l'acide acétique et l'acétate de zinc des précipités; enfin l'alcool 10-15 °/₀ extrait à froid un corps qui donne encore un précipité avec le sulfate de cuivre. Ce corps peptonique n'a pas encore été étudié, je ne lui donne aucun nom pour le moment.

Par l'ébullition avec l'eau, il est impossible de séparer les glucosides des peptones, à cause de leur solubilité, c'est pourquoi la réduction des sels de cuivre est considérablement empêchée par les peptones qui sont décomposés à l'ébullition en solution alcaline. La solution alcaline contenant le cuivre reste claire, et change seulement sa couleur bleue en violet rouge. La cause de ce changement provient du cuivre, qui donne au liquide une couleur bleue, et qui doit sa solubilité aux groupes acides amidés; ce cuivre est réduit, tandis que la partie qui produit la coloration rouge, indiquant le groupe très hypothétique du Biuret, reste sans changements par la réduction.

Le tableau suivant donne une idée des propriétés de ces dérivés produits par la trypsine en présence d'acide.

TABLEAU DIXIÈME

Groupes.	Produits intermédiaires.	Caractères chimiques.	Action sur		Précipités par					
			Tournesol.	Dissolvants.	NO^3H	Fe^2Cl^6	$CuSO^4$	Neutralisation.	Acétate de zinc.	Ferrocyanure et acide acétique.
	Albumine β.	Faiblement acide.	Rougit très peu.	Insoluble dans eau et alcool.	+	+	+	+	+	+
Groupe glycoprotalbique.	Glycoprotalbine.	Indifférent.	Neutre.	Insoluble dans eau froide, est décomposée à l'ébullition, et donne un corps semblable à un glycoside. Soluble à chaud dans alcool 50 %, s'en sépare par refroidissement.	+	+	+	+	+	+
Peptones.	Corps x précédant la pseudopeptone.	?	?	Soluble dans alcool 10-15 %. (Solubles dans l'eau.)	+ ?	o	?	o	+	+
	Pseudopeptone.	Acide et base.	Acide.	Soluble dans alcool 30-40 %. (Solubles dans l'eau.)	o	o	o	o	+	+
	Peptone.	Acide et base.	Acide.	Soluble dans alcool 70-80 %. (Solubles dans l'eau.)	o	o	o	o	o	o

D'après ce qui a été décrit concernant les trois types de peptonisation, il n'y aucun doute que l'albumine β ne soit transformée d'une manière différente par les divers ferments.

Ainsi se trouve justifié le choix que j'ai fait comme point de départ d'un corps, aussi indifférent que possible, n'appartenant à aucun des types de peptonisation, et permettant de saisir avec sûreté les transformations chimiques.

En vérité, si l'on choisit pour le troisième type de peptonisation, la myosine basique ou la caséine acide, il se forme aussi des corps protalbiques réducteurs, mais on ne peut alors les considérer comme neutres, car le produit de la réaction possède la réaction basique de la myosine ou la réaction acide de la caséine.

DE LA TRANSFORMATION DES PEPTONES EN ALBUMINE

Cette question a déjà été l'objet d'un assez grand nombre de recherches, mais qui n'ont pas abouti à un résultat satisfaisant.

MM. *Wittich et Cohn*[1] ont été, je crois, les premiers à s'en occuper; ils ont essayé de transformer la peptone en albumine au moyen du courant électrique. Ils ont obtenu au pôle négatif un dépôt de matière albuminoïde blanchâtre; mais nous manquons de certitude sur la pureté de la peptone employée; les auteurs n'indiquent point de produits albuminoïdes intermédiaires, et de plus le pro-

[1] *Königsberger med. Jahrbücher*, 3, 1862, p. 196.

duit déposé au pôle négatif n'a pas été étudié, aussi ne pouvons-nous rien conclure de cette expérience.

M. *Henninger*[1] qui a repris ces expériences, mais en se servant de peptone pure, n'a pas confirmé les observations de MM. *Wittich et Cohn.*

Des recherches plus précises ont été faites dans ces derniers temps. M. *Hoffmeister*[2] a procédé par la méthode de dessication de la peptone à 140°; il la traite ensuite par l'eau et a ainsi obtenu un produit insoluble dans l'eau et ayant quelques réactions chimiques analogues à celle de l'albumine. Il restait toutefois à déterminer l'identité du nouveau corps obtenu avec la substance mère de la peptone primitive.

M. *Henninger*[3] a obtenu un résultat semblable en chauffant la peptone pendant une heure à 160-180°.

Dans ces deux séries d'expériences une grande partie des peptones brunit en se décomposant et en dégageant des vapeurs ammoniacales.

Un autre procédé employé par M. *Henninger* n'eut pas plus de succès; il consistait à chauffer la peptone à 80° avec de l'anhydride acétique, puis à éliminer l'excès d'acide acétique par la distillation et à soumettre le corps à la dialyse; le liquide restant se coagule par l'ébullition et donne des précipités par l'acide nitrique, le ferrocyanure de potassium et d'autres sels métalliques.

Quelque incomplètes que soient ces recherches, nous devons noter cependant que MM. *Hoffmeister* et *Henninger* ont réussi à obtenir, par la déshydratation des pep-

[1] Henninger, De la nature et du rôle des peptones. Paris, 1878.

[2] *Zeitschr. f. physiologische Chemie*, B. 2, p. 206.

[3] Loc. cit.

tones un produit qui offre quelque ressemblance avec l'albumine.

J'ai repris ces expériences et j'ai toujours obtenu, en chauffant la peptone dans différentes conditions, la transformation d'une partie de la peptone en corps insolubles dans l'eau, mais en les examinant de plus près, j'ai vu qu'ils n'étaient identiques ni à la substance mère de la peptone, ni à aucune albumine naturelle. Les produits obtenus de cette façon ont toujours une couleur brunâtre et exhalent une forte odeur de brûlé.

On obtient des résultats meilleurs, mais aussi ne répondant qu'imparfaitement à la question, en chauffant les peptones avec de l'alcool absolu dans un tube scellé, à la température de 100° pendant plusieurs heures. Le produit est pour la plus grande partie insoluble dans l'eau, peu coloré et donne quelques-unes des réactions de l'albumine, mais on ne peut l'identifier ni avec l'albumine, ni avec la fibrine, syntonine, etc.

Quand, indépendamment des travaux de MM. *Hoffmeister* et *Henninger*[1], j'ai entrepris les recherches exposées plus loin, je me suis laissé guider par les considérations suivantes : j'ai voulu non seulement transformer la peptone, par n'importe quel procédé, en un corps albuminoïde quelconque, mais 1° transformer la peptone en un corps identique avec sa substance-mère, 2° faire rétrograder la peptone par tous les produits intermédiaires par lesquels l'albumine passait pour devenir peptone.

En réussissant, on apportait une nouvelle lumière sur les produits intermédiaires entre l'albumine et la pep-

[1] Ma première notice sur ce sujet a été présentée à la Société chimique russe de St-Pétersbourg, en avril 1878.

tone; en second lieu on pouvait espérer que cette méthode nous donnerait une idée sur le procédé suivi par l'organisme vivant pour effectuer la transformation de la peptone en albumine.

Les procédés que j'ai employés consistent en des réactions chimiques nettes et simples, qu'on peut diviser en trois groupes :

a) Décomposition d'une combinaison de la substance avec un acide, par la combinaison de la substance avec une base.

b) Décomposition d'une combinaison de la substance avec une base par un acide libre fort.

c) Décomposition d'une combinaison de la substance avec un acide, par un alcali.

Chacune de ces réactions entraîne quelques modifications pour certains cas particuliers, car on ne peut pas toujours employer le même oxyde ou la même base. Les meilleures conditions à remplir pour favoriser ces réactions sont :

1° Les solutions ne doivent pas être trop étendues sans être cependant sirupeuses.

2° Les solutions doivent contenir des substances déshydratantes neutres ; l'alcool est celle que je préfère.

3° Les substances doivent être tout à fait pures et exemptes des produits voisins, surtout de ceux situés plus haut dans la série.

Si, après la fin d'une opération, une partie de la substance primitive n'est pas transformée, il faut l'éliminer au moyen des procédés indiqués précédemment pour séparer les produits de la peptonisation.

Les peptones et les pseudo-peptones de chaque série doivent être préparées avec beaucoup de soin. Ces sub-

stances doivent être exemptes des produits peptonoïdes de leur décomposition, produits dont je dois dire quelques mots maintenant. J'ai déjà fait remarquer ailleurs[1], que l'action prolongée de la pepsine et de la trypsine sur les peptones formées entraîne une décomposition de ces dernières, de sorte que la plus grande partie nous apparaît sous forme de deux corps nouveaux, glutinoïde et chondronoïde.

Ces deux corps se comportent vis-à-vis de l'alcool comme les pseudo-peptones et par conséquent, si la masse brute des peptones contient l'un de ces deux corps, on l'obtient ensemble avec la pseudo-peptone. Mais les deux corps susnommés diffèrent nettement des pseudo-peptones par leur caractère de précipitation et doivent par conséquent beaucoup empêcher par leur présence l'étude des transformations de la peptone et de la pseudo-peptone.

Comme il est très difficile de les séparer des pseudo-peptones, il est indispensable de préparer les peptones et les pseudo-peptones avec des liquides dans lesquels la peptonisation se fait rapidement, ne contenant pas d'excès de ferment et dont les produits ne contiennent pas les corps susnommés. On peut facilement reconnaître la présence de chondronoïde au moyen d'une solution d'alun qu'on ajoute avec précaution au liquide porté à la température de 30°-40° et qui donne dans ce cas un précipité blanc, lequel ne se forme jamais dans une solution de pseudo-peptone pur. La présence de glutinoïde est plus difficile à déceler, mais s'il y en a une certaine quantité dans la dissolution, on peut en reconnaître la présence par sa tendance à former une gelée par le refroidissement.

[1] *Centralblatt f. med. Wissenschaften*, 1881, N° 27.

La préparation des autres produits intermédiaires entre l'albumine et la peptone n'est pas très difficile, si on tient compte des procédés indiqués dans les chapitres précédents de ce travail.

Les expériences se divisent en trois groupes suivant les trois types de peptonisation, mais je n'en ai encore étudié que deux.

GROUPE I. *Transformations des produits pepsiniques les uns dans les autres, depuis la peptone jusqu'à l'albumine inclusivement.*

a. On prépare la peptone, qui, en solution aqueuse, ne doit pas donner de trouble avec le ferrocyanure de potassium additionné d'acide acétique, puis on divise le liquide en deux portions. On sature exactement l'une par l'acide chlorhydrique à la température de 50°, en se servant de tropæoline OO et l'autre par une quantité équivalente d'alcali. Après refroidissement, on mélange les deux liquides et on obtient une solution qui donne immédiatement avec le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique un fort trouble ou un précipité, ainsi qu'avec l'acétate de zinc et le sulfate de cuivre. Un examen attentif montre cependant que la moitié seulement de la quantité totale de la peptone a été transformée en pseudo-peptone. Si on isole cette pseudo-peptone, on reconnaît qu'elle possède toutes les réactions caractéristiques de la pseudo-peptone naturelle.

On peut obtenir beaucoup plus facilement cette transformation en opérant sur une dissolution de peptone dans l'alcool à 60-70 %.

La même transformation s'effectue plus complètement en opérant de la manière suivante : On décompose avec précaution par l'acide sulfurique étendu d'alcool le composé barytique de la peptone en solution alcoolique. Si on emploie un alcool d'au moins 50-60 °/₀, la pseudo-peptone formée se dépose au bout de quelque temps sous forme de gouttelettes ou de flocons. Par ce procédé, on peut obtenir quelquefois la transformation complète de toute la quantité de peptone employée en pseudo-peptone.

La décomposition d'une solution aqueuse ou alcoolique de peptone muriatique par le carbonate de calcium ne fournit pas de pseudo-peptone.

Enfin, il suffit de chauffer à plusieurs reprises la peptone avec de l'alcool absolu pour obtenir un produit qui possède quelques réactions de la pseudo-peptone.

b. La pseudo-peptone naturelle, bien pure, chauffée en solution aqueuse avec du carbonate de baryum, donne une combinaison barytique qui reste en solution. On ajoute à la partie filtrée, un volume à un et demi d'alcool concentré et on décompose exactement par l'acide sulfurique étendu. On laisse reposer ce mélange dans un endroit frais pendant 10 à 12 heures. Le syntogène formé se précipite par suite de son insolubilité dans l'alcool concentré et se dépose en mélange avec le sulfate de baryte formé. On réunit le précipité sur un filtre, on le lave avec de l'alcool froid à 20-25 °/₀, on exprime l'excès d'alcool, puis on traite par l'eau froide et on filtre de nouveau. Le sulfate de baryte reste insoluble. Le liquide filtré n'a aucune action sur le tournesol, mais donne même, en dissolution très étendue avec le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique, un fort trouble blanc.

Le sulfate de cuivre, l'acétate de zinc donnent aussi de forts précipités insolubles dans des excès de réactifs. Cette substance se combine à 15° avec l'acide chlorhydrique, mais pas avec les alcalis. On ne peut pas douter de sa parfaite identité avec le syntogène naturel.

On peut obtenir le même résultat par un autre procédé : On chauffe une solution aqueuse assez concentrée de pseudo-peptone avec du carbonate de calcium jusqu'à complète saturation, on filtre, on ajoute un volume à un et demi d'alcool concentré et on sursature par l'acide phosphorique dilué, puis on y ajoute peu à peu de l'eau de chaux jusqu'à neutralisation complète et on laisse reposer dans un endroit frais pendant 10 à 12 heures; on filtre et lave le précipité avec de l'alcool à 25 °/₀ froid, on exprime l'excès d'alcool et on sépare avec de l'eau le syntogène du phosphate de chaux insoluble.

Cette transformation, faite en présence d'une assez grande quantité d'alcool, peut être si complète qu'il ne reste que des traces de pseudo-peptone non transformée, mais pour cela il faut que la pseudo-peptone soit parfaitement exempte du glutinoïde dont nous avons parlé plus haut.

c. Le syntogène naturel, qui n'a pas été soumis à l'influence d'une température supérieure à 60-70°, est sursaturé légèrement par l'acide chlorhydrique étendu. On ajoute ensuite un volume à un et demi d'alcool concentré et on y jette une quantité notable de petits fragments de marbre pur. Si l'on chauffe à 30-35° et qu'on remue souvent, le marbre commence à se décomposer d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement avec un dégagement d'acide carbonique. Quand la réaction acide au tournesol est devenue très faible, on laisse reposer le

mélange pendant 10-12 heures en le remuant plusieurs fois. Par le refroidissement, le liquide se trouble et laisse déposer lentement des flocons blancs qu'on recueille ensuite sur un filtre et qu'on lave avec de l'alcool froid à 5-10 °/₀. La plus grande partie de la substance employée est devenue insoluble dans l'eau, mais facilement soluble dans l'alcool chaud à 50 °/₀, dont elle se sépare de nouveau par refroidissement. La solution alcoolique a une réaction neutre.

Le produit de la transformation se comporte vis-à-vis de l'eau chaude, de l'acide nitrique et des sels métalliques tout à fait comme la syntoprotalbine γ, dont il partage la propriété d'être soluble dans l'eau chaude et l'alcool chaud. Très souvent le syntogène se transforme de cette façon complètement en syntoprotalbine γ.

d et *e*. Par le même procédé, on peut transformer la syntoprotalbine γ en β et β en α, ce qu'on peut facilement prouver par la comparaison des propriétés des substances primitives et des produits de la transformation vis-à-vis de l'acide nitrique, de l'eau chaude et de quelques sels.

f. On prépare la syntoprotalbine α parfaitement pure et soluble dans l'alcool chaud à 50 °/₀ et on lui fait subir la réaction indiquée sous *c*. Quand tout l'acide chlorhydrique est complètement saturé par la chaux, le liquide contient des flocons blancs, lesquels, après avoir été lavés par l'alcool et par l'eau, possèdent les propriétés de la syntonide. Ils ne se dissolvent plus dans l'alcool chaud à 50 °/₀, ils se combinent à 15° avec une moindre quantité d'acide muriatique que la syntoprotalbine, ils se coagulent par l'ébullition avec l'eau sans rien lui abandonner; ils ne se dissolvent pas dans un excès d'acide azotique. Si

l'alcool chaud à 50 °/₀ dissout encore une partie du produit obtenu, cela montre qu'une partie de la substance primitive n'a pas été transformée. Dans ce cas, il faut de nouveau dissoudre dans l'acide chlorhydrique très étendu, ajouter de l'alcool et de nouveau décomposer complètement par le marbre. Il est à remarquer que plus la décomposition de la combinaison acide par le marbre se fait lentement et plus la température à laquelle on opère est basse, plus complète et plus sûre est la transformation de la syntoprotalbine en syntonide.

g. Si on répète les mêmes opérations avec la syntonide en ayant soin que la décomposition de la combinaison acide soit complète à 15-20° (il est indispensable pour cela de laisser reposer le liquide avec les petits morceaux de marbre pendant 6-8 heures, en remuant la masse de temps en temps, même après que le tournesol montre une réaction presque neutre), alors le produit de l'opération, qui se trouve sous forme de gros flocons translucides, possède des propriétés différentes que la syntonide. Quelquefois, il est indispensable de répéter de nouveau l'opération, c'est-à-dire de redissoudre le produit obtenu par l'acide chlorhydrique et de redécomposer par du marbre. Le produit obtenu se dissout plus difficilement que la syntonide dans l'acide chlorhydrique de 0,1 °/₀, beaucoup plus difficilement après être resté quelque temps sous l'eau, et à 15°, il fixe seulement des traces d'acide chlorhydrique. De ses solutions acides ou alcalines, il n'est que partiellement précipité par la neutralisation. Les sels alcalins neutres le précipitent de ses solutions acides ou faiblement alcalines, surtout en chauffant les liquides. Toutes ces propriétés nous montrent que la substance possède les caractères de l'albumine.

Mais, comme nous l'avons déjà fait remarquer, sa formation au moyen de la syntonide ne se fait pas aussi aisément que les transformations précédentes. Il est presque toujours nécessaire de répéter deux, trois ou même quatre fois l'opération de la décomposition avec du marbre, afin d'obtenir un produit tout à fait homogène et analogue par ses propriétés avec l'albumine.

Dans la série d'expériences décrites, j'ai voulu montrer qu'on peut transformer chaque représentant d'une phase passagère de la peptonisation en un représentant d'une autre phase situé immédiatement avant le premier dans la série des substances intermédiaires entre l'albumine et la peptone. Cette série d'essais apporte une preuve nouvelle en faveur de l'existence de ces produits intermédiaires. Au point de vue chimique, ces expériences ont une grande importance, mais ces transformations ont une importance aussi au point de vue physiologique, et, dans ce dernier cas, il n'est pas aussi important d'obtenir la transformation d'un produit dans un produit voisin, que de produire des transformations plus complètes, par exemple, transformer la peptone en syntoprotalbine ou même en albumine.

Il est évident que si les produits obtenus dans mes expériences sont vraiment identiques avec les produits correspondants naturels, nous devons obtenir aussi facilement la transformation en un produit plus élevé de la série d'un produit artificiel que d'un produit naturel. En effet, l'expérience nous montre que cette transformation n'est pas difficile à faire et qu'une pseudo-peptone obtenue artificiellement avec une peptone peut être aussi facilement convertie en syntogène que la pseudo-peptone

naturelle, et le syntogène artificiel peut être transformé en syntoprotalbine, et ainsi de suite.

En partant de là, il m'a été facile de transformer une certaine quantité de peptone en syntogène, syntonide et en albumine. Mais ce résultat final ne peut être obtenu autrement qu'en passant par toute la série des transformations successives, depuis la substance initiale jusqu'au produit final. On ne peut omettre une seule transformation intermédiaire, ni la transposer. Pour produire l'albumine au moyen des produits de sa peptonisation, on peut prendre comme point de départ non seulement la peptone, mais un membre quelconque de cette chaîne.

Il est important de dire quelques mots sur la forme hydratée des syntoprotalbines vis-à-vis des transformations que nous avons étudiées.

Il a été déjà dit plus haut que ces corps apparaissent pendant la marche de la peptonisation, si le liquide n'a pas été soumis à l'ébullition sous leur forme anhydre, insoluble dans l'eau. Par la transformation d'une telle substance en un produit supérieur dans la série, ce dernier existe aussi sous sa forme anhydre.

Les formes hydratées de ces substances sont capables des mêmes transformations que les formes anhydres, mais les produits obtenus conservent la forme hydratée, c'est pourquoi ils ne se séparent pas de leur dissolution aqueuse à la fin de cette transformation, mais les réactions avec l'acide nitrique, les sels métalliques, etc., témoignent seuls de la transformation. Si on opère en présence d'une grande quantité d'alcool, le produit obtenu passe en partie dans la forme anhydre. L'influence la plus remarquable qu'exerce la forme hydratée des substances initiales sur la marche des transformations est que celles-ci

peuvent aller seulement jusqu'à la phase de syntoprotalbine α, laquelle s'obtient aussi sous la forme hydratée, mais ne peut pas être poussée plus loin, c'est-à-dire jusqu'à la syntonide ou à l'albumine.

Ce fait m'a permis de reconnaître si le syntogène peut avoir deux formes, l'une hydratée, l'autre anhydre; le syntogène étant soluble dans l'eau froide dans tous les cas de peptonisation. Les expériences ont montré que si l'on commence la série des transformations avec un syntogène qui n'a pas été chauffé avec de l'eau à plus de 60°, il est facile de le convertir, ainsi que nous l'avons vu plus haut, en albumine, mais si on opère les mêmes transformations avec un syntogène qui a été préalablement bouilli avec de l'eau, alors on peut le convertir en syntoprotalbine α, mais pas en syntonide, ce qui montre que le syntogène peut exister dans deux formes qui sont, d'après l'analogie, semblables à des corps syntoprotalbiques.

J'ai bien des fois observé un remarquable changement spontané des peptones en leurs produits supérieurs, même jusqu'à la syntonide dans les conditions suivantes : La peptone en solution fraîchement préparée et exempte des produits voisins est évaporée jusqu'à la consistance du miel. La masse obtenue est légèrement brunâtre, transparente et se dissout facilement dans l'eau. La solution limpide ne donne aucun trouble avec le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique. On laisse reposer la masse évaporée sirupeuse dans un flacon bien bouché. Après à peu près 15 jours, la masse a perdu de sa transparence, mais se dissout sans trouble dans l'eau; cependant, le ferrocyanure de potassium, additionné d'acide acétique, donne un trouble dans cette solution. Après deux ou trois semaines de plus, la masse est devenue en-

core plus opaque et l'eau laisse un résidu insoluble, sous forme de flocons. Le liquide filtré donne une forte réaction avec le ferrocyanure de potassium, avec le sulfate de cuivre et d'autres sels. La partie insoluble dans l'eau est soluble dans l'alcool chaud à 50 °/₀ avec une réaction neutre et se dépose par le refroidissement.

Si on laisse la masse peptonique encore plus longtemps en repos, alors la quantité des produits intermédiaires supérieurs, surtout la quantité des corps insolubles dans l'eau augmente peu à peu et on peut même trouver la syntonide insoluble dans l'eau et dans l'alcool dilué chaud. Mais jamais, quel que soit le temps pendant lequel on laisse reposer la masse peptonique, la quantité des peptones transformés ne dépasse la moitié de la masse initiale. Plus la masse est épaisse (en conservant toutefois la mobilité sous l'influence de la pesanteur) plus la transformation se fait rapidement; la présence d'une petite quantité d'alcool favorise aussi la réaction.

Il est probable que dans ces cas une partie de la peptone agit sur l'autre partie comme un agent déshydratant et par là met cette dernière dans des conditions qui déterminent les transformations. Le fait observé est surtout intéressant au point de vue physiologique, car il nous montre avec quelle facilité la peptone peut passer par une série de transformations successives presque jusqu'à l'albumine. On pourrait opposer à ces observations le fait suivant, qui à première vue semble les contredire : les peptones sèches peuvent être conservées pendant des mois entiers sans qu'on puisse remarquer l'apparition des produits insolubles dans l'eau. Mais cette apparente contradiction s'explique par le fait que 1° par une dessiccation rapide on ne laisse pas à la peptone le temps néces-

saire pour ces transformations qui sont très lentes, 2° dans l'état parfaitement sec de la peptone aucune transposition des groupes des atomes ne peut avoir lieu et par conséquent la rupture de l'équilibre des groupements atomiques nécessaire à la transformation de la peptone dans d'autres produits ne peut pas se faire.

GROUPE II. *Transformations des produits de la peptonisation par la trypsine les uns dans les autres, depuis la tryptone jusqu'à l'albumine inclusivement.*

a) On dissout la tryptone pure dans l'alcool à 60 %, on filtre et on divise le liquide en deux portions égales. On sursature l'une des portions à 50° par un petit excès d'acide chlorhydrique ou d'acide sulfurique, à l'autre on ajoute une quantité équivalente d'eau de baryte. Puis on mélange les deux portions ensemble et après un repos d'une heure on filtre; on concentre par évaporation le liquide jusqu'à consistance sirupeuse et on épuise complètement par l'alcool froid à 70 %.

On obtient un résidu qui est soluble seulement dans l'alcool froid à 30-35 % et donne, après l'évaporation de l'alcool, une solution aqueuse qui possède toutes les propriétés caractéristiques de la pseudo-tryptone, sans en excepter même la coloration rose qu'on obtient en évaporant à siccité avec de l'alcool additionné d'acide acétique. La tryptone primitive ne donne jamais cette coloration rose.

La décomposition de la combinaison barytique de la tryptone par l'acide sulfurique ne produit pas de pseudo-tryptone.

b) On dissout la pseudo-tryptone naturelle aussi pure que possible dans un peu d'eau, on sursature par l'acide chlorhydrique, on ajoute 1-1 $^1/_2$ volume d'alcool fort, on ajoute ensuite de petits morceaux de marbre et on chauffe à 30°-35° en remuant le mélange jusqu'à ce que le dégagement de petites bulles d'acide carbonique cesse. On laisse reposer le mélange pendant 5-6 heures, on filtre, on évapore le liquide et on élimine le chlorure de calcium par l'alcool très concentré et froid. Puis on extrait par l'alcool froid à 30 $^0/_0$ le reste de la pseudo-tryptone non transformée. La plus grande partie de la substance primitive se trouve maintenant sous la forme d'une masse légèrement brunâtre, se dissolvant seulement dans l'alcool froid à 10-15 $^0/_0$ et dans l'eau avec une réaction acide. En l'évaporant à plusieurs reprises avec l'alcool fort additionné d'acide acétique jusqu'à siccité, on voit les bords de la masse se colorer en orangé. La solution aqueuse possède toutes les propriétés caractéristiques du protalbogène vis-à-vis des acides et des sels. Le produit obtenu se combine aux alcalis à 15°, mais pas aux acides.

c) On sursature un protalbogène naturel avec de l'eau de chaux, ou bien on le chauffe avec de l'eau et du carbonate de chaux, de manière à obtenir un composé calcique, lequel est délayé avec 1-1 $^1/_2$ volume d'alcool et ensuite décomposé par l'acide phosphorique dilué jusqu'à réaction fortement acide. On neutralise alors l'excès d'acide soigneusement par de l'eau de chaux jusqu'à réaction parfaitement neutre. On obtient alors, surtout si on ajoute encore un peu d'alcool, un précipité blanc, floconneux qu'on recueille sur un filtre et qu'on lave avec de l'alcool froid à 20-25 $^0/_0$. Le liquide filtré contient en général fort peu de matières organiques.

On fait bouillir le précipité avec de l'alcool à 30 °/₀, on filtre à chaud et on refroidit fortement le liquide filtré après y avoir ajouté de l'alcool concentré froid. Le produit de la transformation qui donnait en dissolution alcoolique une réaction acide, se dépose lentement sous forme d'un fin précipité. Ce produit communique à l'eau un aspect blanc-laiteux, rougit le tournesol et donne par des évaporations à siccité répétées plusieurs fois avec de l'alcool concentré additionné d'une petite quantité d'acide acétique un résidu de couleur rose-intense, caractéristique de la protalbroséine. Les propriétés de ce produit vis-à-vis des acides, des alcalis, des sels, etc., sont parfaitement les mêmes que celles de la protalbroséine naturelle.

Ce procédé de transformation est important par le fait qu'il nous montre le passage d'un produit du groupe de la peptone soluble dans l'eau en une substance d'un groupe supérieur, qui se distingue par son insolubilité dans l'eau.

Il faut aussi remarquer, qu'une grande partie de la protalbroséine formée se montre d'abord sous forme d'une combinaison avec le phosphate de chaux. Cette combinaison, qui est analogue à celle de l'albumine, est insoluble dans l'alcool à 50-60 °/₀ chaud, mais bouillie pendant longtemps avec de l'alcool à 30 °/₀ elle se décompose en phosphate de calcium qui reste insoluble et protalbroséine libre, qui entre en dissolution.

La protalbroséine se forme en petite quantité, si on sursature le protalbogène par l'eau de baryte, qu'on ajoute ensuite un volume d'alcool et qu'on décompose par l'acide sulfurique jusqu'à réaction fortement acide, puis qu'on neutralise exactement l'excès d'acide sulfurique par l'alcali. On recueille alors le précipité obtenu sur un filtre, on

le lave avec de l'alcool froid très étendu, on traite ensuite par l'alcool chaud à 40 °/₀ lequel dissout seulement la protalbroséine.

d, e, f) La même opération décrite sous *c* peut aussi servir pour transformer la protalbroséine en protalborangine, cette dernière en protalbinine et celle-ci en protalbine. Toutes ces transformations ont déjà été décrites dans un des chapitres précédents et je ne ferai qu'ajouter ici quelques remarques.

En nous servant, pour décomposer les combinaisons calciques, des différentes substances de l'acide phosphorique, nous obtenons des produits qui sont des combinaisons des substances protalbiques avec le phosphate de chaux. Cette combinaison n'est pas soluble dans l'alcool chaud à 50 °/₀ comme celle de l'albumine. J'ai donné à ces combinaisons de toutes les substances protalbiques (excepté pour la protalbine) les noms de pseudo-albumines.

Ces corps diffèrent de l'albumine vraie entre autres par la propriété qu'ils ont de se décomposer par l'ébullition avec de l'alcool à 25-30 °/₀ en phosphate de chaux insoluble et en substance protalbique acide libre soluble dans l'alcool chaud. Mais cette décomposition, quoique générale pour toutes ces combinaisons, est différente quant au degré de facilité avec laquelle elle s'opère, notamment la facilité de la décomposition d'une pseudo-albumine est d'autant plus grande que son composé protalbique occupe une place plus basse dans la série et par contre la décomposition se fait plus difficilement à mesure qu'on s'élève dans la série des substances protalbiques. Dans ce dernier cas une partie du produit de la transformation accomplie peut être complètement perdue. Afin d'éviter cet

inconvénient, il vaut mieux se servir de l'acide chlorhydrique au lieu de l'acide phosphorique; la transformation d'une substance protalbique inférieure en une phase supérieure se fait bien, mais la combinaison avec le chlorure de calcium formé n'a pas lieu, et le produit obtenu se montre sous forme de corps protalbique libre.

g) La transformation de la protalbine en albumine a déjà été décrite dans un des chapitres précédents. Comme dans la composition de l'albumine le calcium et l'acide phosphorique entrent invariablement, il est clair que la décomposition de la combinaison calcique de la protalbine doit se faire par l'acide phosphorique. L'albumine est par sa composition parfaitement analogue à la pseudo-albumine, elle n'en diffère que par la propriété de pouvoir supporter l'ébullition avec l'alcool très faible sans se décomposer et sans que le lien qui existe entre la protalbine et le phosphate de chaux puisse être brisé.

La réunion de la molécule de phosphate de chaux avec la substance protalbique donne lieu à la diminution ou à la disparition de propriété acide de ces derniers corps, de sorte que nous devons admettre qu'une partie ou la totalité des groupes de carboxyle se saturent par le calcium qui reste en même temps combiné avec l'acide phosphorique.

Si après une première opération l'albumine nouvellement formée cède encore à l'alcool chaud à 50 °/₀ une substance organique acide, on doit en conclure que la transformation n'a pas été complète et il faut de nouveau traiter le produit obtenu par l'eau de chaux et ensuite par l'acide phosphorique dans les conditions indiquées.

Nous voyons donc que, si nous prenons comme point

de départ la tryptone, nous pouvons, par les procédés indiqués sous *a*, *b* et *c*, la transformer successivement en pseudo-tryptone, protalbogène et en protalbroséine; puis on dissout cette dernière dans l'eau de chaux, on ajoute un volume d'alcool concentré et on sursature par l'acide chlorhydrique. Par une neutralisation soigneusement effectuée de l'acide en excès on sépare la protalborangine, laquelle, par le même procédé, se transforme en protalbinine et cette dernière en protalbine. Puis on décompose la combinaison calcique de protalbine par l'acide phosphorique qu'on ajoute jusqu'à réaction acide; en neutralisant l'excès d'acide en présence d'alcool on obtient l'albumine.

On peut obtenir l'albumine en partant de n'importe quel produit intermédiaire de la série et en le soumettant successivement aux diverses réactions correspondantes.

J'ai bien souvent observé pour les produits de la peptonisation par la trypsine occupant les diverses places dans la série, qu'abandonnés à eux-mêmes, dans un état de forte concentration ou en solution alcoolique pendant plusieurs mois, ils subissent peu à peu l'influence de la déshydratation et se transforment en des produits placés plus haut dans la série.

HAUTEURS MOYENNES DIURNES

DU

LAC LÉMAN A SÉCHERON

De 1874 à 1881,

PAR

M. Ph. PLANTAMOUR

Il m'a semblé qu'il pouvait y avoir quelque intérêt dans ce moment où se débat la surélévation des eaux du lac, attribuée aux travaux effectués dans le lit du Rhône à son passage à travers la ville de Genève, de faire connaître pour les huit dernières années les hauteurs moyennes diurnes du lac à Sécheron indiquées par le limnographe[1] qui y a été établi dans l'année 1877, et qui donne ces hauteurs à un millimètre près.

Au printemps 1874, favorisé par de très basses eaux, j'avais déjà fait fixer contre le mur de mon port une échelle limnimétrique très exactement repérée à laquelle les lectures se faisaient cinq à sept fois par jour entre 9 heures du matin et 3 heures du soir, et dont la moyenne

[1] Voyez pour la description du limnographe *Arch. des sc. phys. et nat.*, LXIV, p. 318. Décembre 1878.

donnait avec une assez grande approximation la hauteur du lac pour chaque jour.

A partir du fonctionnement du limnographe enregistreur, j'ai pris d'abord sur le tracé la moyenne entre le point le plus bas et le point le plus élevé de la courbe entre 9 heures et 3 heures pour la hauteur du jour. Cette moyenne, selon les caprices de l'oscillation du lac peut ne pas être rigoureusement exacte, de sorte que sur la recommandation de mon frère M. le prof. E. Plantamour, je me suis procuré un planimètre Amsler qui, dès le 13 septembre 1878, me donne à un millimètre près la longueur de l'ordonnée moyenne de la ligne plus ou moins sinueuse que trace le crayon du limnographe entre 9 heures et 3 heures. En comparant la longueur de l'ordonnée moyenne avec la moyenne du maximum et du minimum, j'ai reconnu que celle-ci est aussi souvent égale à l'autre que plus faible ou plus grande ; le plus grand écart dans des moments de grande agitation du lac n'ayant jamais dépassé 8 à 9 millimètres et cela même une ou deux fois au plus. C'est cette grande approximation entre ces différents résultats qui m'a engagé à réunir dans les tableaux suivants les observations faites de 1874 à 1881 successivement par les trois procédés mentionnés ci-dessus.

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.

1874

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
			m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	....	....	....	0.84	1.12	1.39	1.99	2.40	2.17	1.73	1.27	1.20
2	....	....	....	0.825	1.15	1.42	1.91	2.38	2.18	1.72	1.255	1.36
3	....	....	....	0.83	1.14	1.43	1.92	2.39	2.18	1.68	1.24	1.33
4	....	....	....	0.84	1.16	1.43	1.94	2.41	2.19	1.68	1.23	1.36
5	....	....	....	0.845	1.14	1.46	1.97	2.42	2.16	1.69	1.22	1.34
6	....	....	....	0.93	1.14	1.48	1.99	2.43	2.14	1.70	1.21	1.33
7	....	....	....	0.90	1.15	1.50	2.02	2.45	2.13	1.68	1.20	1.32
8	....	....	....	0.91	1.14	1.52	2.05	2.42	2.12	1.66	1.19	1.33
9	....	....	....	0.91	1.14	1.57	2.08	2.45	2.10	1.65	1.19	1.32
10	....	....	....	0.93	1.15	1.59	2.10	2.48	2.10	1.63	1.17	1.32
11	....	....	....	0.92	1.15	1.62	2.10	2.46	2.05	1.60	1.17	1.33
12	....	....	....	0.93	1.15	1.67	2.14	2.47	2.04	1.59	1.16	1.32
13	....	....	....	0.93	1.17	1.70	2.16	2.485	2.05	1.56	1.15	1.35
14	....	....	0.78	0.925	1.18	1.72	2.18	2.47	2.05	1.55	1.16	1.35
15	....	....	0.785	0.93	1.14	1.71	2.20	2.52	2.02	1.53	1.12	1.38
16	....	....	0.80	0.94	1.16	1.71	2.23	2.52	1.99	1.51	1.09	1.36
17	....	....	0.802	0.98	1.17	1.69	2.23	2.49	1.96	1.49	1.10	1.36
18	....	....	0.802	0.98	1.15	1.67	2.24	2.48	1.94	1.45	1.11	1.34
19	....	....	0.802	0.98	1.15	1.70	2.26	2.48	1.92	1.43	1.13	1.35
20	....	....	0.807	0.99	1.15	1.70	2.27	2.47	1.90	1.43	1.17	1.33
21	....	....	0.795	1.00	1.16	1.71	2.30	2.45	1.88	1.43	1.22	1.33
22	....	....	0.80	1.01	1.17	1.73	2.30	2.43	1.87	1.40	1.24	1.32
23	....	....	0.81	1.02	1.18	1.74	2.31	2.38	1.87	1.39	1.24	1.31
24	....	....	0.82	1.04	1.28	1.76	2.35	2.37	1.83	1.38	1.25	1.30
25	....	....	0.82	1.05	1.27	1.78	2.32	2.35	1.83	1.38	1.245	1.29
26	....	....	0.81	1.06	1.29	1.78	2.33	2.34	1.81	1.36	1.23	1.26
27	....	....	0.835	1.10	1.33	1.78	2.32	2.30	1.80	1.35	1.21	1.28
28	...	....	0.805	1.11	1.35	1.85	2.29	2.28	1.80	1.33	1.21	1.30
29	....	....	0.82	1.14	1.34	1.88	2.285	2.26	1.77	1.32	1.19	1.28
30	....	....	0.817	1.15	1.33	1.90	2.30	2.24	1.75	1.30	1.21	1.28
31	....	....	0.82	....	1.36	....	2.35	2.22	....	1.29	....	1.25

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.

1875

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.23	1.32	1.03	0.97	1.15	1.98	2.15	2.35	2.37	1.90	1.67	1.79
2	1.24	1.32	1.03	0.96	1.175	2.00	2.18	2.33	2.35	1.89	1.66	1.76
3	1.22	1.30	1.025	0.96	1.21	2.00	2.19	2.32	2.32	1.87	1.63	1.76
4	1.25	1.32	1.02	0.96	1.235	2.01	2.25	2.33	2.27	1.83	1.64	1.74
5	1.27	1.32	1.00	0.96	1.25	2.02	2.29	2.34	2.24	1.82	1.645	1.70
6	1.24	1.29	0.98	0.96	1.27	2.03	2.32	2.38	2.21	1.81	1.65	1.68
7	1.24	1.27	0.99	0.965	1.28	2.05	2.33	2.41	2.19	1.80	1.68	1.66
8	1.23	1.26	1.00	0.97	1.30	2.05	2.34	2.44	2.17	1.77	1.69	1.64
9	1.26	1.26	1.00	1.00	1.325	2.06	2.38	2.42	2.14	1.74	1.70	1.61
10	1.245	1.25	1.05	0.98	1.355	2.07	2.41	2.41	2.13	1.73	1.71	1.60
11	1.25	1.22	1.01	0.97	1.40	2.11	2.43	2.40	2.11	1.75	1.81	1.57
12	1.23	1.20	1.015	0.97	1.425	2.12	2.47	2.39	2.11	1.73	1.93	1.55
13	1.23	1.19	1.01	1.00	1.46	2.14	2.48	2.41	2.10	1.70	1.97	1.55
14	1.23	1.185	1.015	0.985	1.48	2.15	2.49	2.40	2.06	1.72	1.98	1.54
15	1.205	1.15	1.03	1.00	1.495	2.15	2.48	2 40	2.05	1.71	1.99	1.52
16	1.23	1.15	1.035	0.99	1.53	2.17	2.48	2.405	2.04	1.71	1.97	1.50
17	1.24	1.15	1.03	0.995	1.57	2.18	2.47	2.40	2.02	1.70	1.99	1.50
18	1.28	1.14	1.04	1.00	1.59	2.22	2.48	2.42	2.01	1.68	1.99	1.48
19	1.28	1.13	1.025	1.00	1.68	2.22	2.47	2.42	1.99	1.67	1.96	1.46
20	1.32	1.10	1.03	1.01	1.74	2.24	2.47	2.42	1.97	1.69	1.95	1.47
21	1.32	1.095	1.04	1.01	1.785	2.23	2.46	2.44	1.96	1.67	1.95	1.46
22	1.40	1.09	1.03	1.02	1.80	2.20	2.45	2.44	1.94	1.64	1.96	1.45
23	1.34	1.085	1.02	1.05	1.83	2.17	2.46	2.44	1.93	1.68	1.96	1.43
24	1.34	1.08	1.01	1.05	1.85	2.17	2.46	2.445	1.94	1.70	1.94	1.43
25	1.36	1.06	1.01	1.07	1.89	2.18	2.45	2.44	1.96	1.68	1.92	1.43
26	1.36	1.06	0.99	1.09	1.92	2.18	2.44	2.42	1.96	1.67	1.90	1.41
27	1.35	1.05	0.99	1.09	1.94	2.19	2.43	2.42	1.94	1.67	1.88	1.42
28	1.38	1.05	0.98	1.10	1.96	2.18	2.41	2.40	1.94	1.68	1.84	1.40
29	1.37	....	0.99	1.105	1.97	2.155	2.39	2.40	1.92	1.68	1.83	1.39
30	1.35	....	1.00	1.125	1.96	2.15	2 39	2.40	1.90	1.68	1.82	1.38
31	1.27	....	0.99	.....	1.96	....	2.37	2.42	....	1.67	....	1.37
												....

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 et 3 heures.

1876

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.34	1.06	1 33	1.68	1.69	1.66	2.45	2.62	2.43	1.90	1.39	1.37
2	1.33	1.04	1.35	1.67	1.68	1.69	2.45	2.64	2.43	1.91	1.37	1.375
3	1.325	1.035	1.38	1.66	1.69	1.70	2.46	2.63	2.42	1.905	1.35	1.37
4	1.34	1.01	1.43	1.65	1.685	1.72	2.47	2.63	2.38	1.895	1.35	1.385
5	1.34	1.005	1.46	1.65	1.69	1.73	2.475	2.645	2.35	1.86	1.33	1.395
6	1.32	1.01	1.46	1.65	1.68	1.75	2.50	2.645	2.31	1.85	1.325	1.41
7	1.32	1.00	1.51	1.635	1.67	1.79	2.52	2.63	2.27	1.835	1.31	1.46
8	1.29	0.98	1.53	1.64	1.66	1.84	2.54	2.63	2.22	1.82	1.305	1.50
9	1.28	0.98	1.52	1.63	1.63	1.90	2.55	2.62	2.24	1.80	1.29	1.525
10	1.25	0.985	1.58	1.62	1.60	1.95	2.58	2.60	2.21	1.80	1.30	1.54
11	1.26	0.97	1.60	1.60	1.59	2.02	2.61	2.59	2.20	1.80	1.285	1.54
12	1.25	0.97	1.62	1.63	1.57	2.07	2.63	2.59	2.17	1.765	1.295	1.545
13	1.27	0.94	1.72	1.65	1.58	2.11	2.65	2.575	2.15	1.74	1.295	1.535
14	1.26	0.935	1.76	1.63	1.58	2.13	2.61	2.57	2.13	1.725	1.305	1.535
15	1.25	0.925	1.76	1.64	1.55	2.14	2.615	2.56	2.11	1.71	1.30	1.53
16	1.23	0.94	1.76	1.60	1.54	2.15	2.61	2.56	2.06	1.69	1.31	1.53
17	1.20	0.935	1.77	1.58	1.54	2.18	2.62	2.57	2.03	1.67	1.32	1.53
18	1.18	0.97	1.80	1.58	1.53	2.19	2.62	2.55	2.05	1.645	1.32	1.52
19	1.19	0.965	1.80	1.60	1.55	2.19	2.62	2.545	2.045	1 625	1.32	1.51
20	1.17	0.98	1.79	1.64	1.55	2.19	2.62	2.56	2.04	1.595	1.345	1.52
21	1.16	1.04	1.78	1.64	1.565	2.19	2.62	2.57	2.02	1.58	1.365	1.54
22	1.15	1.06	1.75	1.63	1.57	2.21	2.61	2.55	1.98	1.57	1.38	1.535
23	1.15	1.11	1.77	1.62	1.59	2.23	2.59	2.545	1.95	1.54	1.375	1.52
24	1.14	1.14	1.75	1.64	1.62	2.26	2.59	2.545	1.93	1.53	1.37	1.52
25	1.13	1.17	1.73	1.64	1.63	2.30	2.63	2.57	1.92	1.515	1.365	1.51
26	1.11	1.16	1.73	1.65	1.65	2.35	2.65	2.565	1.895	1.495	1.365	1.515
27	1.09	1.16	1.71	1.65	1.64	2.38	2.66	2.52	1.89	1.475	1.365	1.50
28	1.09	1.23	1.72	1.63	1.645	2.40	2.63	2.505	1.885	1.445	1.375	1.50
29	1.085	1.28	1.71	1.67	1.64	2.43	2.625	2.48	1.885	1.435	1.385	1.50
30	1.085	....	1.69	1.68	1.64	2.43	2.63	2.45	1.90	1.42	1.37	1.48
31	1.08	....	1.69	....	1.645	....	2.63	2.44	....	1.405	....	1.485

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 et 3 heures.

1877

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.485	1.365	1.50	1.345	1.47	1.90	2.665	2.655	2.59	1.66	1.242	1.418
2	1.50	1.385	1.50	1.36	1.455	1.95	2.665	2.64	2.58	1.63	1.237	1.435
3	1.505	1.37	1.50	1.36	1.46	2.00	2.69	2.64	2.55	1.59	1.230	1.440
4	1.51	1.37	1.475	1.36	1.45	2 025	2.715	2.625	2.515	1.575	1.225	1.431
5	1.51	1.37	1.475	1.39	1.47	2.045	2.710	2.59	2.49	1.565	1.226	1.430
6	1.51	1.355	1.48	1.39	1.48	2.10	2.700	2.565	2.46	1.585	1.219	1.425
7	1.505	1.345	1.465	1.40	1.515	2.18	2.725	2.55	2.405	1.54	1.216	1.428
8	1.50	1.34	1.465	1.41	1.52	2.22	2.755	2.54	2.37	1.48	1.214	1.435
9	1.48	1.33	1.46	1.415	1.54	2.27	2.735	2.53	....	1.52	1.213	1.457
10	1.49	1.315	1.45	1.41	1.55	2.30	2.715	2.525	2.37	1.44	1.219	1.445
11	1.485	1.315	1.415	1.445	1.55	2.345	2.69	2.52	2.35	1.405	1.241	1.441
12	1.48	1.31	1.385	1.45	1.60	2.37	2.68	2.51	2.32	1.385	1.235	1.436
13	1.48	1.325	1.355	1.46	1.68	2.415	2.66	2.48	2.285	1.375	1.253	1.434
14	1.475	1.415	1.365	1.465	1.70	2.47	2.675	2.455	2.255	1.353	1.268	1.434
15	1.475	1.47	1.37	1.46	1.74	2.50	2.70	2.445	2.23	1.319	1.261	1.450
16	1.47	1.485	1.35	1.46	1.76	2.55	2.705	2.445	2.21	1.318	1.250	1.422
17	1.46	1.525	1.34	1.47	1.75	2.57	2.715	2.425	2.20	1.308	1.253	1.420
18	1.45	1.54	1.345	1.465	1.765	2.62	2.725	2.41	2.16	1.292	1.244	1.418
19	1.445	1.55	1.345	1.47	1.77	2.645	2.720	2.41	2.105	1.270	1.233	1.420
20	1.435	1.51	1.35	1.49	1.76	2.67	2.735	2.415	2.06	1.251	1.226	1.487
21	1.445	1.55	1.34	1.455	1.77	2.665	2.75	2.40	2.02	1.242	1.240	1.406
22	1.45	1.55	1.34	1.44	1.76	2.665	2.755	2.48	1.995	1.232	1.230	1.383
23	1.43	1.555	1.35	1.45	1.75	2.67	2.735	2.53	1.97	1.220	1.242	1.366
24	1.40	1.545	1.33	1.46	1.74	2.69	2.725	2.575	1.91	1.215	1.259	1.360
25	1.385	1.54	1.335	1.46	1.745	2.715	2.74	2.585	1.88	1.216	1.249	1.354
26	1.385	1.515	1.34	1.46	1.73	2.715	2.755	2.59	1.86	1.224	1.282	1.334
27	1 39	1.54	1.315	1.45	1.72	2.695	2.75	2.585	1.80	1.232	1.286	1.324
28	1.38	1.525	1.325	1.45	1.69	2.68	2.73	2.62	1.76	1.220	1.328	1.346
29	1.385	.....	1.30	1.455	1.70	2.685	2.73	2.605	1.715	1.219	1.367	1.346
30	1.35	.....	1.325	1.46	1.74	2.67	2.705	2.60	1.69	1.227	1.403	1.360
31	1.38	.....	1.345	....	1.845	....	2.68	2.595	....	1.222	.....	1.372

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.

1878

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.392	1.265	1.173	1.165	1.682	2.128	2.382	2.344	2.607	1.834	1.562	1.472
2	1.386	1.258	1.187	1.180	1.715	2.118	2.383	2.297	2.616	1.818	1.568	1.482
3	1.388	1.263	1.193	1.195	1.736	2.107	2.396	2.275	2.622	1.784	1.565	1.482
4	1.382	1.244	1.201	1.204	1.748	2.119	2.421	2.262	2.588	1.744	1.545	1.468
5	1.374	1.233	1.209	1.225	1.759	2.172	2.420	2.248	2.549	1.712	1.531	1.448
6	1.369	1.224	1.206	1.267	1.771	2.223	2.405	2.226	2.531	1.685	1.520	1.443
7	1.361	1.217	1.209	1.280	1.787	2.238	2.383	2.224	2.511	1.649	1.511	1.439
8	1.370	1.210	1.205	1.292	1.805	2.247	2.378	2.228	2.482	1.621	1.495	1.431
9	1.372	1.205	1.219	1.311	1.820	2.240	2.376	2.220	2.468	1.620	1.487	1.426
10	1.380	1.199	1.225	1.350	1.826	2.267	2.364	2.205	2.461	1.606	1.483	1.420
11	1.387	1.193	1.225	1.379	1.833	2.272	2.344	2.194	2.440	1.591	1.476	1.415
12	1.352	1.190	1.218	1.410	1.856	2.265	2.338	2.205	2.394	1.576	1.491	1.400
13	1.337	1.182	1.228	1.431	1.876	2.282	2.333	2.209	2.372	1.632	1.484	1.392
14	1.315	1.179	1.231	1.446	1.884	2.297	2.334	2.189	2.364	1.557	1.477	1.382
15	1.305	1.176	1.227	1.468	1.886	2.311	2.324	2.202	2.330	1.528	1.462	1.375
16	1.301	1.171	1.232	1:469	1.895	2.328	2.325	2.280	2.270	1.508	1.465	1.365
17	1.297	1.167	1.227	1.492	1.904	2.328	2.316	2.335	2.255	1.496	1.458	1.366
18	1.297	1.158	1.203	1.516	1.909	2.324	2.300	2.352	2.238	1.485	1.461	1.360
19	1.293	1.177	1.200	1.539	1.913	2.306	2.292	2.363	2.198	1.455	1.482	1.356
20	1.280	1.172	1.199	1.537	1.934	2.326	2.318	2.333	2.166	1.455	1.458	1.377
21	1.272	1.171	1.187	1.566	1.939	2.322	2.326	2.331	2.169	1.449	1.435	1.377
22	1.265	1.169	1.185	1.596	1.947	2.320	2.329	2.340	2.143	1.469	1.438	1.370
23	1.252	1.168	1.175	1.601	1.937	2.307	2.344	2.317	2.090	1.464	1.427	1.361
24	1.236	1.166	1.187	1.607	1.952	2.324	2.376	2.315	2.060	1.461	1.422	1.354
25	1.287	1.165	1.169	1.616	2.076	2.349	2.395	2.309	2.049	1.459	1.415	1.343
26	1.289	1.163	1.185	1.637	2.146	2.356	2.414	2.300	2.012	1.499	1.422	1.337
27	1.294	1.161	1.184	1.660	2.157	2.360	2.420	2.370	1.969	1.515	1.435	1.334
28	1.286	1.157	1.182	1.657	2.155	2.367	2.396	2.434	1.943	1.549	1.451	1.345
29	1.281	.....	1.175	1.655	2.147	2.375	2.382	2.452	1.909	1.556	1.470	1.350
30	1.280	.....	1.177	1.664	2.150	2.383	2.370	2.500	1.866	1.547	1.474	1.381
31	1.277	.....	1.177	.....	2.133	.....	2.348	2.571	.....	1.556	.....	1.411

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.

1879

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.469	1.454	1.461	1.265	1.392	1.708	2.504	2.616	2.599	1.830	1.525	1.378
2	1.476	1.446	1.444	1.261	1.392	1.720	2.570	2.614	2.570	1.802	1.535	1.374
3	1.532	1.446	1.428	1.294	1.418	1.730	2.606	2.620	2.541	1.799	1.567	1.369
4	1.571	1.479	1.412	1.315	1.408	1.761	2.634	2.633	2.526	1.772	1.549	1.392
5	1.614	1.496	1.397	1.304	1.371	1.787	2.668	2.651	2.514	1.741	1.532	1.363
6	1.630	1.503	1.381	1.304	1.362	1.815	2.678	2.670	2.486	1.714	1.522	1.368
7	1.626	1.500	1.369	1.301	1.355	1.845	2.666	2.688	2.471	1.692	1.521	1.403
8	1.648	1.490	1.354	1.291	1.375	1.878	2.648	2.691	2.449	1.668	1.517	1.380
9	1.670	1.496	1.339	1.311	1.389	1.921	2.647	2.677	2.465	1.642	1.502	1.385
10	1.628	1.488	1.329	1.311	1.403	1.956	2.694	2.698	2.447	1.609	1.489	1.349
11	1.625	1.539	1.317	1.317	1.415	1.978	2.711	2.728	2.427	1.590	1.484	1.343
12	1.618	1.566	1.302	1.329	1.416	2.007	2.706	2.751	2.403	1.555	1.457	1.328
13	1.610	1.578	1.295	1.330	1.409	2.023	2.699	2.756	2.355	1.524	1.461	1.362
14	1.598	1.589	1.289	1.327	1.408	2.034	2.750	2.748	2.319	1.495	1.447	1.328
15	1.584	1.593	1.269	1.336	1.412	2.041	2.769	2.738	2.285	1.471	1.471	1.307
16	1.583	1.570	1.252	1.351	1.409	2.043	2.780	2.754	2.246	1.521	1.441	1.293
17	1.587	1.567	1.251	1.355	1.419	2.058	2.757	2.760	2.216	1.490	1.427	1.283
18	1.566	1.566	1.243	1.364	1.413	2.087	2.746	2.751	2.190	1.466	1.414	1.277
19	1.558	1.565	1.237	1.367	1.420	2.108	2.726	2.731	2.154	1.454	1.427	1.270
20	1.556	1.559	1.235	1.361	1.417	2.115	2.706	2.716	2.116	1.446	1.411	1.266
21	1.542	1.556	1.237	1.362	1.423	2.128	2.675	2.704	2.098	1.535	1.400	1.258
22	1.532	1.557	1.239	1.356	1.435	2.142	2.670	2.688	2.067	1.554	1.390	1.252
23	1.520	1.562	1.241	1.371	1.450	2.164	2.674	2.688	2.030	1.575	1.392	1.246
24	1.513	1.546	1.242	1.366	1.507	2.209	2.671	2.680	2.002	1.572	1.415	1.239
25	1.505	1.575	1.243	1.379	1.530	2.257	2.657	2.664	1.981	1.570	1.440	1.232
26	1.500	1.508	1.250	1.382	1.551	2.330	2.638	2.654	2.004	1.566	1.431	1.230
27	1.492	1.495	1.247	1.388	1.576	2.365	2.631	2.657	1.966	1.561	1.423	1.224
28	1.485	1.475	1.251	1.392	1.610	2.392	2.636	2.638	1.921	1.555	1.424	1.212
29	1.479	.....	1.245	1.411	1.645	2.415	2.636	2.616	1.892	1.549	1.406	1.211
30	1.470	.....	1.253	1.400	1.670	2.453	2.626	2.598	1.867	1.541	1.410	1.208
31	1.462	.....	1.259	.....	1.696	.....	2.616	2.591	.....	1.533	.....	1.203

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.

1880

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.214	1.042	1.051	1.060	1.312	1.233	1.592	1.995	1.893	1.669	1.902	1.407
2	1.222	1.037	1.044	1.071	1.318	1.240	1.598	1.998	1.887	1.648	1.889	1.377
3	1.221	1.032	1.043	1.065	1.324	1.234	1.619	2.013	1.881	1.612	1.887	1.368
4	1.225	1.027	1.043	1.076	1.330	1.241	1.631	2.007	1.878	1.592	1.873	1.351
5	1.220	1.022	1.056	1.104	1.329	1.235	1.657	1.996	1.873	1.586	1 833	1.325
6	1.218	1.015	1.060	1.110	1.335	1.240	1.663	1.969	1.883	1.568	1.845	1.324
7	1.212	1.010	1.070	1.116	1.338	1.229	1.668	1.953	1.874	1.555	1.788	1.304
8	1.210	1.007	1.074	1.135	1.358	1.231	1.668	1.942	1.864	1.559	1.766	1.287
9	1.204	1.003	1.077	1.148	1.360	1.226	1.678	1.942	1.879	1.561	1.782	1.265
10	1.203	0.999	1.084	1.147	1.304	1.234	1.697	1.951	1.892	1.562	1.764	1.251
11	1.195	1.005	1.089	1.141	1.300	1.238	1.716	1.937	1 884	1.544	1.749	1.235
12	1.193	1.000	1.094	1.143	1.283	1.275	1.734	1.900	1.898	1.551	1.731	1.215
13	1.178	1.000	1.099	1.141	1.273	1.309	1.745	1.868	1.891	1.536	1.706	1.188
14	1.173	0.998	1.103	1.139	1.265	1.329	1.754	1.858	1.900	1.532	1.701	1.167
15	1.173	0.991	1.102	1.137	1.255	1.348	1.763	1.857	1.907	1.502	1.641	1.165
16	1.162	0.988	1.099	1.143	1.251	1.367	1.765	1.851	1.899	1.472	1.626	1.161
17	1.155	0.985	1.103	1.142	1.248	1.405	1.779	1.847	1.894	1.449	1.626	1.166
18	1.155	0.997	1.097	1.152	1.257	1.437	1.792	1.849	1.897	1.442	1.615	1.167
19	1.158	1.004	1.095	1.154	1.310	1.465	1.810	1.844	1.881	1.431	1.593	1.163
20	1.145	1.004	1.094	1.158	1.252	1.502	1.821	1.841	1.888	1.406	1.594	1.159
21	1.131	1.010	1.098	1.169	1.231	1.554	1.844	1.842	1.891	1.383	1.610	1.152
22	1.118	1.025	1.098	1.179	1.215	1.574	1.899	1.859	1.880	1.419	1.574	1.161
23	1.121	1.045	1.091	1.195	1.213	1.591	1.923	1.879	1.867	1 483	1.561	1.158
24	1.109	1.055	1.085	1.205	1.209	1.596	1.929	1.888	1.850	1.597	1.542	1.153
25	1.097	1.058	1.085	1.214	1.203	1.608	1.946	1.897	1.830	1.663	1.523	1.148
26	1.085	1.057	1.085	1.225	1.200	1.606	1.930	1.891	1.799	1.664	1.505	1.180
27	1.076	1.056	1.082	1.271	1.203	1.605	1.937	1.891	1.781	1.680	1.478	1.194
28	1.067	1.055	1.082	1.275	1.218	1.602	1.976	1.890	1.754	1.766	1.481	1.213
29	1.060	1.052	1.078	1.289	1.250	1.593	1.991	1.884	1.727	1.833	1.456	1.220
30	1.054	.....	1.074	1.316	1.268	1.596	1.998	1.874	1.687	1.900	1.430	1.237
31	1.047	.....	1.075	.....	1.245	.....	2.000	1.891	.....	1.912	.....	1.237

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.

1881

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.259	1.174	1.262	1.574	1.380	1.422	1.870	2.336	2.404	1.840	1.486	1.408
2	1.264	1.179	1.277	1.602	1.371	1.428	1.858	2.322	2.457	1.798	1.459	1.407
3	1.259	1.183	1.251	1.623	1.352	1.430	1.866	2.324	2.480	1.779	1.449	1.403
4	1.244	1.186	1.248	1.651	1.356	1.435	1.885	2.334	2.478	1.741	1.448	1.398
5	1.241	1.185	1.251	1.656	1.348	1.442	1.911	2.322	2.462	1.697	1.444	1.388
6	1.248	1.187	1.255	1.657	1.335	1.455	1.930	2.306	2.469	1.665	1.438	1.385
7	1.258	1.192	1.276	1.663	1.320	1.491	1.963	2.316	2.467	1.632	1.435	1.374
8	1.244	1.189	1.314	1.679	1.318	1.512	1.997	2.317	2.461	1.596	1.431	1.377
9	1.236	1.198	1.364	1.672	1.312	1.548	2.024	2.293	2.442	1.571	1.427	1.367
10	1.221	1.209	1.390	1.662	1.319	1.544	1.988	2.276	2.426	1.554	1.417	1.358
11	1.213	1.216	1.407	1.652	1.335	1.526	2.062	2.276	2.421	1.531	1.412	1.351
12	1.208	1.258	1.419	1.636	1.286	1.512	2.073	2.278	2.388	1.499	1.406	1.348
13	1.201	1.268	1.433	1.623	1.251	1.498	2.069	2.252	2.365	1.469	1.401	1.343
14	1.205	1.257	1.445	1.605	1.241	1.488	2.074	2.237	2.342	1.441	1.395	1.332
15	1.194	1.255	1.449	1.594	1.223	1.477	2.103	2.224	2.306	1.434	1.387	1.324
16	1.181	1.254	1.448	1.585	1.202	1.468	2.125	2.187	2.279	1.427	1.380	1.312
17	1.167	1.251	1.452	1.572	1.211	1.474	2.149	2.164	2.246	1.434	1.373	1.304
18	1.166	1.251	1.454	1.554	1.204	1.475	2.186	2.205	2.213	1.413	1.369	1.285
19	1.168	1.251	1.458	1.541	1.199	1.479	2.211	2.223	2.178	1.398	1.364	1.306
20	1.139	1.250	1.461	1.557	1.190	1.496	2.250	2.234	2.151	1.390	1.355	1.294
21	1.160	1.249	1.463	1.543	1.208	1.518	2.284	2.215	2.128	1.430	1.348	1.302
22	1.157	1.251	1.472	1.528	1.222	1.541	2.316	2.227	2.078	1.441	1.344	1.318
23	1.151	1.253	1.478	1.524	1.228	1.579	2.362	2.237	2.080	1.474	1.335	1.334
24	1.138	1.253	1.494	1.505	1.239	1.623	2.383	2.280	2.064	1.497	1.329	1.357
25	1.121	1.254	1.513	1.486	1.244	1.678	2.367	2.299	2.041	1.500	1.319	1.328
26	1.131	1.258	1.537	1.465	1.252	.....	2.354	2.305	2.003	1.511	1.318	1.306
27	1.138	1.256	1.540	1.458	1.305	.....	2.399	2.307	1.965	1.507	1.302	1.293
28	1.130	1.257	1.546	1.452	1.355	1.832	2.414	2.393	1.938	1.507	1.339	1.285
29	1.150	.....	1.550	1.432	1.386	1.850	2.396	2.431	1.931	1.515	1.388	1.277
30	1.156	.....	1.562	1.407	1.398	1.875	2.366	2.432	1.887	1.512	1.405	1.275
31	1.168	.....	1.568	.....	1.414	.....	2.349	2.395	.....	1.527	.....	1.266

Les Archives donnent chaque mois la hauteur de l'eau devant le limnimètre du jardin anglais. Ce limnimètre accuse un niveau de l'eau toujours inférieur à celui enregistré à Sécheron et dont la différence varie de 1 à 9 centimètres selon la hauteur absolue de l'eau. Ce dernier au contraire indique en moyenne la même hauteur que les limnimètres de Morges et de Vevey, dont les différences tantôt en plus, tantôt en moins, sont dues à des dénivellations accidentelles produites principalement par les vents. Toutefois il convient d'ajouter ici que M. le prof. E. Plantamour[1], après avoir le plus complètement possible éliminé les observations entachées de perturbations accidentelles, a calculé d'après les sept années neuf mois d'observations qu'à Vevey (limnimètre de l'Aile) le niveau du lac, à la hauteur moyenne de 1^{m},67, est de 3,5 millimètres plus élevé qu'à Sécheron, cette différence pouvant atteindre près de 7 millimètres pour les très hautes eaux et être réduite à 0,1 millimètre pour les très basses eaux. La pente est comme on voit presque insignifiante, surtout si l'on considère qu'elle se rapporte à une étendue de plus de 70 kilomètres.

La publication des observations limnographiques à Sécheron a donc un certain intérêt en ce que ces dernières offrent directement la hauteur du lac proprement dit et qu'elles sont d'une grande exactitude. Les tableaux de ces huit années présentent en particulier ce fait intéressant qu'ils comprennent les eaux les plus hautes depuis 1846, savoir 2^{m},780 le 16 juillet 1879 et les hautes

[1] Remarques critiques, etc., etc., sur la question du lac, par le prof. E. Plantamour, 1881, page 56. Genève, Georg. — Imprimerie Ch. Schuchardt.

eaux les plus basses depuis 1858, savoir $2^m,013$, le 3 août 1880[1], c'est-à-dire que dans deux années consécutives les maxima des hautes eaux présentent une différence de $0^m,767$. En 1858, le maximum était de 40 centimètres plus bas encore, tandis que le barrage mobile du pont de la machine avait été établi dès 1842-1843.

[1] Il convient peut-être de faire observer que dans les vingt-quatre heures qui ont précédé ce maximum, il était tombé 40 millimètres de pluie.

LE RHÉOLYSEUR

par

M. le prof. E. WARTMANN[1].

J'ai nommé *Rhéolyseur* un appareil qui permet de faire varier rapidement, de zéro à un maximum, l'intensité d'un courant électrique dérivé, et qui indique d'une manière exacte les rapports de ces variations.

Sur un trépied à vis de cale s'élève une colonne à laquelle six rayons, arasés dans un même plan horizontal, relient un anneau métallique gradué faisant saillie : chacun de ses quadrants est numéroté jusqu'à 90°, à gauche et à droite d'un diamètre qui est la ligne des zéros. Cet anneau entoure un disque épais de verre ou d'ébonite, à parois planes et parallèles, qui repose sur les rayons, et dont la face supérieure a été, près de son bord, creusée d'un canal circulaire qu'on remplit de mercure. Au sommet de la colonne une traverse diamétrale, terminée par deux verniers, fonctionne comme un pont de Wheatstone mobile, en tournant autour du centre commun du canal et

[1] Cette note a été lue à la *Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, en 1877. — L'appareil a été construit dans l'atelier de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de physique.*

de l'anneau. Elle porte deux vis de cuivre à pointe amalgamée, fixées près des extrémités d'un même diamètre qui forme la ligne des zéros des verniers. Ces vis plongent dans le mercure, à 180° l'une de l'autre. Isolées électriquement, elles communiquent avec deux bornes, placées près du centre de rotation, et auxquelles aboutissent les extrémités d'un circuit galvanométrique à miroir. Deux orifices percés au fond du canal, à une demi-circonférence d'intervalle, laissent affleurer dans le mercure des conducteurs de cuivre. Ceux-ci partent des bornes où se fixent les électrodes de la pile, et qui sont isolées sur le trépied.

Si on désigne par :

I l'intensité du courant de la pile (supposée constante) dans la partie non divisée du circuit,

i celle du courant dérivé qui passe par le pont et le galvanomètre,

ρ la résistance dans ce circuit dérivé,

r_1, r_2, r_3, r_4 les résistances des arcs mercuriels compris entre les extrémités du pont et les points de division du circuit principal,

on a, par les lois de Kirchoff,

$$i = \mathrm{I}\frac{r_3 r_2 - r_1 r_4}{(r_1+r_3)(r_2+r_4)+\rho(r_1+r_2+r_3+r_4)}.$$

Dans le rhéolyseur,

$$r_1 = r_4, \qquad r_2 = r_3.$$

Appelons R la résistance d'une moitié de l'anneau,

$$\mathrm{R} = r_1 + r_2 = r_3 + r_4,$$

ce qui donne

$$i = \mathrm{I}\left(\frac{r_2 - r_1}{\mathrm{R} + 2\rho}\right).$$

Ainsi, à partir de la position de compensation où $r_2 = r_1$, *l'intensité du courant dérivé croît proportionnellement à l'arc dont on déplace le pont.* Il est facile de s'en assurer à l'aide d'une boussole des sinus.

Si $r_1 = o$, la valeur de i devient maximum et peut s'écrire

$$i = \mathrm{I}\left(\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{R} + 2\rho}\right).$$

Quand $\rho = \frac{\mathrm{R}}{2}$,

$$i = \frac{\mathrm{I}}{2},$$

valeur qu'on réaliserait en donnant au canal une section trente fois plus grande que celle des conducteurs de cuivre, et au galvanomètre une résistance équivalente au quart de celle de l'anneau mercuriel.

Pour employer le rhéolyseur, on commence par faire coïncider les zéros des verniers avec ceux du cercle gradué. Une vis tangente règle les petits déplacements du pont, et permet de les apprécier avec une exactitude qui dépasse aisément une minute d'arc. On ferme le circuit de la pile, et si le galvanomètre présente une déviation, on l'annule par le jeu d'une deuxième vis tangente qui fait tourner le disque dans son plan. Alors, le diamètre qui joint les points de bifurcation du circuit est exactement perpendiculaire à celui qui passe par les vis plongeantes. Quand le pont parcourt des arcs égaux à droite et à gau-

che de la ligne des zéros, les déviations de l'aiguille galvanométrique sont égales et de signes opposés. Deux des arcs mercuriels gagnent précisément ce que perdent leurs supplémentaires, circonstance qui accroît la sensibilité de l'appareil.

Le mercure possède une résistance électrique à la fois supérieure à celle des autres métaux usuels, et moins affectée que la leur par les variations de la température. On ne connaît pas de contact plus parfait et plus uniforme que celui qu'il présente avec le cuivre amalgamé. Quand il est pur, sa liquidité lui assure une homogénéité complète. Ces diverses propriétés justifient son emploi dans notre instrument.

Mais il est indispensable que la conductibilité de l'anneau mercuriel soit et demeure identique dans tout son développement. Des influences capillaires locales, une imperfection possible dans le calage du disque, pourraient empêcher cette condition d'être remplie. Pour y obvier, je recouvre le canal d'une lame de verre rodé, qui est maintenue par des ressorts et tourne avec le pont. Le mercure, dont la surface convexe est aplatie par cette obturateur, remplit toute la cavité annulaire ; il est, en outre, abrité de la poussière et des corps dont le contact pourrait le souiller.

Afin de rendre l'appareil transportable, un des petits orifices percés dans le fond du canal peut permettre l'écoulement du mercure dans un cylindre de verre fixé sous le disque. Ce réservoir est clos inférieurement par un piston de fer, dont la tige filetée tourne au sein d'un écrou immobile. Cette disposition rend facile de vider le canal, ou d'y introduire un anneau liquide de section voulue. L'une des électrodes est alors en communication

avec une plaque de cuivre, insérée entre le disque et le plafond métallique du réservoir. Cette plaque est percée d'un trou centré sur celui du canal.

Le rhéolyseur peut s'employer :

1° A obtenir un courant d'intensité donnée;

2° A maintenir cette intensité avec une constance rigoureuse;

3° A vérifier, par un jeu semblable à celui d'un commutateur, la construction et l'installation des appareils fondés sur des réactions électro-magnétiques, tels que boussoles des sinus et des tangentes, électro-dynamomètres, galvanomètres, etc. L'équipage mobile est dans sa véritable position d'équilibre, à l'abri de toute cause perturbatrice, quand il dévie d'arcs égaux entre eux sous l'action de courants égaux et successivement opposés, produits par les déplacements du pont des deux côtés du zéro;

4° A déterminer directement la valeur du coefficient de réduction qui rend comparables des évaluations effectuées au moyen de deux de ces appareils non identiques. Ce coefficient est égal au rapport des longueurs des arcs mercuriels, comptés à partir du zéro de compensation, pour lesquels la déviation de l'équipage mobile est la même dans l'un et l'autre instrument;

5° A établir la table de correspondance entre les intensités de divers courants et les déviations galvanométriques qui les mesurent;

6° A former la table des corrections qu'il faut apporter aux indications des boussoles de tangentes ordinaires;

7° A trouver les rapports d'intensité des forces électro-motrices qui proviennent de sources différentes. Ces intensités sont entre elles dans le rapport inverse des

arcs du rhéolyseur qui produisent une même déviation au galvanomètre;

8° A évaluer les rapports des résistances de conducteurs divers, ainsi que les variations de la résistance chez un même conducteur;

9° A s'assurer de la bonne construction des shunts, bobines de résistance et autres appareils du même genre;

10° A exprimer en mesure absolue l'intensité des courants dérivés, quand on connaît la valeur de I, ainsi que celle des résistances R et ρ.

DARWIN

CONSIDÉRÉ AU POINT DE VUE DES CAUSES DE SON SUCCÈS ET DE L'IMPORTANCE DE SES TRAVAUX

PAR

M. Alph. DE CANDOLLE

Les hommes qui influent d'une manière notable sur la direction des idées doivent toujours leur succès à la combinaison de deux causes : une capacité exceptionnelle et l'existence d'un certain état des esprits ou de certaines aspirations chez les personnes qu'ils espèrent entraîner. On l'a remarqué sur le grand théâtre du monde, pour les fondateurs de religions et de dynasties. Dans le cercle moins étendu des sciences on peut faire la même observation. Il y a des moments où d'anciennes idées commencent à peser, où les méthodes sont jugées insuffisantes, où les savants qui travaillent dans une branche éprouvent du malaise et aspirent à quelque chose de nouveau. Qu'un homme audacieux, capable et persévérant se montre alors, il a les meilleures chances d'être écouté.

Pour les naturalistes, Charles Darwin a paru dans un de ces moments.

J'en appelle aux souvenirs de ceux qui travaillaient et

réfléchissaient en 1859, date de l'ouvrage sur l'*Origine des espèces*. L'édifice de la science était menacé. Des faits nouveaux le battaient en brèche de tous côtés. Ainsi, les descripteurs ne savaient plus ce qu'il fallait penser des espèces, qu'on avait pris l'habitude pendant longtemps de considérer comme des groupes définis, à peu près immuables, produits, il y a quelques milliers d'années, par des causes que l'homme ne pouvait comprendre. D'après des savants très distingués, l'histoire naturelle avait pour objet unique d'étudier ces groupes, leurs organes tels qu'on les voit, leur manière de vivre et leurs ressemblances, qui déterminent des associations d'un ordre plus élevé. Ce qui avait précédé, ce qui pouvait suivre était forcément hypothétique, il ne valait pas la peine d'y penser. Des arguments sérieux, j'en conviens, étaient donnés en faveur de la fixité dans la succession des formes.

Toutefois il existait et il a toujours existé une opinion contraire d'après laquelle les êtres successifs ont été et sont variables indéfiniment. C'est ce qu'on a appelé la théorie de l'évolution. Darwin n'a jamais prétendu l'avoir découverte, mais il a eu la gloire de montrer mieux que personne comment les phénomènes ont pu se passer et il a appuyé la théorie d'une foule d'observations et de réflexions originales. Avec sa bonne foi parfaite il se plaisait à mentionner ses prédécesseurs, tels que de Lamarck, Erasmus Darwin, son aïeul, et autres, mais il ne les a pas tous connus. Dans une visite que j'ai eu le plaisir de lui faire, en 1880, j'ai pu lui signaler un ouvrage bien curieux, plus ancien que ceux de Lamarck, et dont personne jusqu'ici n'a parlé, si ce n'est pour les choses secondaires qui s'y trouvent. Qu'on me permette une courte digression sur cet évolutionniste complètement oublié.

Il ne ressemblait en rien à Diderot, chez lequel on a découvert récemment des idées analogues [1]. Tout homme d'imagination peut se lancer dans des hypothèses. Cela ne compte pas dans la science. Il faut que les théories sortent lentement et laborieusement des faits. Le savant modeste qui procédait de cette manière, avant de Lamarck et mieux que lui, est Duchesne, dans son *Histoire naturelle des Fraisiers,* ouvrage publié, en 1766 [2]. L'auteur était horticulteur et professeur d'histoire naturelle. Son instruction était aussi variée que solide. Voici l'observation de lui qu'on cite quelquefois, sans remarquer l'originalité des conséquences qu'il en avait déduites. Ayant semé des graines du fraisier sauvage, dit des bois, qu'il avait recueillies autour de Versailles, il vit, à sa grande surprise, que la plupart des pieds obtenus avaient une seule foliole, au lieu des trois qui caractérisent ordinairement les feuilles de l'espèce. Il sema les graines de ces individus singuliers qui donnèrent la même forme. Elle s'est conservée depuis. Les botanistes nomment ce nouveau fraisier *Fragaria monophylla.* Duchesne partit de ce fait et d'autres qu'il avait observés dans la culture pour raisonner, d'une manière très profonde, sur les formes nouvelles plus ou moins héréditaires, et sur ce qu'on peut appeler espèce, race ou variété. Il estime que beaucoup de formes désignées comme espèces sont des races, dont l'origine peut être constatée ou au moins présumée,

[1] *Revue des Deux Mondes*, octobre, 1879.

[2] Un volume in-8°, qui comprend l'*Histoire naturelle des fraisiers*, (324 pages et un tableau), et des *Remarques particulières*, (118 p.). Le premier des ouvrages de Lamarck, *Système des animaux sans vertèbres*, est de 1801. Ses *Recherches sur l'organisation des corps vivants* ont paru plus tard, et la *Philosophie zoologique*, en 1809.

et il laisse tomber de sa plume des mots véritablement extraordinaires pour l'époque. Ainsi, en parlant de la classification des espèces, genres et familles, il dit[1] :

« L'ordre généalogique est le seul que la nature indi-
« que, le seul qui satisfasse pleinement l'esprit; tout autre
« est arbitraire et vide d'idées. »

Il se hasarde même à donner[2] un arbre généalogique des fraisiers, construit d'après les descendances qu'il connaissait, ou présumait. C'est ce que font aujourd'hui des auteurs ultra-darwinistes, avec la différence que Duchesne avait constaté une des descendances, tandis qu'eux les supposent toutes, d'après des vues hypothétiques et des raisonnements plus ou moins contestables.

Personne ne fit attention aux idées émises par Duchesne, à ce point qu'un biographe consciencieux, qui prononça son éloge dans une séance publique, les omit entièrement[3].

De Lamarck fut moins dédaigné, parce qu'il parlait des animaux, plus connus que les végétaux, et qu'il indiquait une cause, par laquelle, d'après certains faits démontrés, les organes varient quelquefois dans des générations successives. Cette cause fut jugée insuffisante. On la tourna même en ridicule. Dans ce temps, certaines idées préconçues jouaient un grand rôle. De Lamarck aurait eu dix fois plus de mérite qu'il ne serait pas parvenu à faire pencher la balance du côté de l'évolution.

C'est de 1830 à 1840 que des progrès dans toutes

[1] Page 220.

[2] Page 228.

[3] Silvestre, Notice sur A.-N. Duchesne, lue dans la séance publique de la Société royale d'agriculture, *Mémoires*, 1827, tome I, p. 129-152.

les divisions des sciences naturelles changèrent la face du problème. Les botanistes et les zoologistes décrivaient alors une infinité d'espèces nouvelles et s'efforçaient de mieux distinguer les anciennes. Mais, plus ils se donnaient de peine, plus les limites des espèces semblaient vagues et ondoyantes. La valeur de ces groupes était reconnue inégale. On signalait beaucoup de transitions de l'un à l'autre, et le critère, obtenu quelquefois par de longues expériences sur la fécondation, n'était plus aussi certain qu'on l'avait supposé. En général, les espèces bien distinctes par la forme extérieure ne se croisent pas et surtout ne donnent pas des produits féconds indéfiniment, mais il y a des exceptions. Par exemple, dans la famille très homogène des cucurbitacées, M. Naudin a constaté que les espèces du genre Cucurbita ne peuvent pas se féconder l'une par l'autre, tandis que dans le genre Luffa, deux espèces, nettement différentes par les caractères extérieurs, se fécondent. Au fond, cela signifie qu'elles ont des diversités internes plus grandes que les externes. L'impossibilité d'avoir un critère absolu pour distinguer les espèces est aussi réel que pour distinguer les genres, les familles et les classes.

Personne ne doit en conclure que ces groupes n'existent pas, seulement ils flottent dans un milieu plus ou moins vague. Même chose se présente dans des catégories de groupes d'une autre nature. Il serait impossible, par exemple, de donner des caractères absolus pour distinguer un hameau d'un village, un village d'un bourg, un bourg d'une ville. Cependant les réunions d'habitations représentées par ces termes existent bien. Assez souvent on est embarrassé pour appliquer un des mots, et dans certaines circonstances un village devient un bourg

ou même une ville. Londres n'a point de limites et a beaucoup varié. C'est cependant quelque chose de réel. Il est aisé de comprendre pourquoi l'incertitude reconnue dans la délimitation des espèces disposait à admettre des variations successives. Étudiées d'ailleurs de près, comme l'a fait Darwin, dans la culture et la domestication, les espèces des deux règnes se sont trouvées variables à un degré extraordinaire.

Tandis que les descripteurs se tourmentaient et sentaient vaciller leur point d'appui, les découvertes en paléontologie s'accumulaient et montraient de plus en plus la diversité successive des êtres. Cuvier recourut alors à l'hypothèse de créations subites et multiples, véritables coups de théâtre. On constata que des espèces avaient paru ou disparu successivement, une à une, et l'hypothèse fut mort-née.

La distribution actuelle des espèces, considérée particulièrement dans les îles, me contraignit d'admettre, en 1855, quatre ans avant le premier ouvrage de Darwin, une création, dans certains cas, de nouvelles formes spécifiques dérivées des anciennes. Je prouvais en outre, surabondamment, que la majorité des espèces remonte à des temps plus reculés qu'on ne le supposait et qu'elles ont traversé des changements géologiques ou climatériques. Lyell habituait les géologues à considérer de petites causes, pendant des temps très longs, comme produisant beaucoup d'effet. La notion astronomique des temps infinis pénétrait dans les sciences naturelles. Cinq ou six mille ans devenaient peu de chose dans l'histoire des êtres organisés. Enfin, les découvertes de Beer sur l'évolution des individus analogue à celle des espèces, et l'étude plus fréquente des monstruosités ébranlaient également les

anciennes idées. L'incertitude se répandait dans toutes les directions. Les faits de classification, de paléontologie, de géographie botanique et zoologique, d'organogénie ne pouvaient plus se comprendre. Il fallait sortir du cercle d'un temps limité et de l'opinion d'une fixité presque complète des formes.

Alors parut Darwin!

Aucun homme n'était plus capable de rattacher tous les phénomènes à la théorie de l'évolution, qu'il expliquait en outre par une cause très importante — la sélection — à laquelle personne n'avait pensé, si ce n'est Wallace, qui en avait eu l'idée de son côté au même moment. Wallace est zoologiste. Darwin était physiologiste, botaniste, zoologiste, et même géologue. Le récit de son voyage autour du monde en est la preuve et toutes ses publications reposent sur cette prodigieuse variété de connaissances. Il pouvait découvrir et discuter des arguments dans toutes les sciences naturelles. Même des applications assez dédaignées lui étaient familières. Il s'était fait éleveur de pigeons, pour constater les variations d'une espèce dont le public anglais s'occupe volontiers. Armé d'une grande persévérance, de beaucoup de méthode, d'une sagacité extraordinaire, aussi fort dans les détails que dans les idées générales il a pu imprimer aux sciences d'observation une impulsion, dont on n'avait pas eu d'exemple, et qui s'étend jusqu'aux sciences sociales et historiques.

Dans toutes les branches de l'activité humaine il y a un trait commun aux individus vraiment supérieurs. C'est de ne négliger aucun fait particulier tout en visant à des théories ou à des actes d'une importance majeure. Ainsi, un grand général s'occupe à la fois de la nourriture ou

même de la chaussure de ses hommes et de plans stratégiques. Un grand jurisconsulte peut plaider le mur mitoyen et rédiger un code. Parmi les naturalistes, Darwin a eu ce caractère exceptionnel de capacité. Le terrain ou espace qu'il parcourait dans ses recherches — ce qu'on appelle en anglais d'un mot qui nous manque, *the range* — est extraordinaire. Dans ses livres, l'abondance des détails se combine avec des vues théoriques fort élevées. La multitude des exemples peut fatiguer, mais si l'auteur avait trié les principaux et laissé de côté les autres on aurait douté de sa grande impartialité et son immense érudition serait restée dans l'ombre. Il a toujours eu soin de donner le pour et le contre, les arguments forts et les faibles. Au lecteur de comparer, trier et conclure. La méthode n'est pas didactique. Elle est purement scientifique.

La rédaction de Darwin n'était pas précisément littéraire. Sa construction de phrases, l'emploi de certains mots et la division des chapitres laissent quelquefois à désirer, mais la grandeur de l'œuvre est incontestable. Je dis de l'œuvre, parce que chaque ouvrage, malgré sa spécialité, concourt à un ensemble, qu'on a qualifié très vite du nom de darwinisme. Le premier de ces ouvrages, celui sur l'*Origine des espèces*, salué par quelques naturalistes comme l'aurore d'un nouveau jour, avait frappé les autres et le public d'une sorte de stupeur, mêlée parfois d'indignation. La bataille était engagée brusquement, audacieusement, mais Darwin avait des réserves qu'il lançait coup sur coup. Les critiques dans les journaux et les académies ne pouvaient tenir contre une succession rapide de livres pleins de faits nouveaux et de vues originales. C'était comme une invasion par des for-

ces accablantes. La conspiration du silence, qui réussit quelquefois, n'était pas possible. Les plus récalcitrants furent obligés d'écouter, de discuter, et tel qui d'abord accordait à Darwin une minime part de vérité lui cédait bientôt une moitié ou davantage. Certaines oppositions passionnées, d'une origine étrangère à la science, ont fait lire les ouvrages du novateur. Le public, d'une ignorance profonde sur l'état des sciences naturelles depuis dix ans, se figurait que tout y était nouveau. Il revoyait d'ailleurs, avec plaisir, ce qu'on avait jadis, des livres d'histoire naturelle qui n'étaient ni de pures descriptions, ni de la chimie, ni de l'anatomie. Darwin ramenait l'étude des phénomènes de la végétation et celle des mœurs des animaux qui avaient plu dans les ouvrages de Réaumur, de Bonnet, d'Huber et autres patients observateurs. On sentait encore une fois l'unité dans la variété des êtres organisés.

La contenance de Darwin à l'égard de ses adversaires fut assez curieuse. Évidemment il n'aimait pas la polémique. Au lieu de répondre il poursuivait sa marche. Lui qui n'attaquait pas la religion, ne se faisait aucun souci d'affronter les idées ou les préjugés de personnes pieuses, qu'il connaissait et estimait. Était-ce l'effet d'un sentiment, assez commun chez les hommes de science, que la vérité plane au-dessus de tout et qu'on doit la faire connaître, même à ses dépens ? Pensait-il que ses principes n'étant pas contraires aux bases de toute opinion religieuse, c'était aux théologiens de s'arranger avec eux et avec les faits ? Pourquoi n'accepteraient-ils pas l'évolution des êtres comme ils ont accepté, depuis Galilée, la rotation de la terre et depuis De Laplace, la formation successive des corps célestes ? Ces vérités scientifiques, et

d'autres encore, ont été répandues dans le monde, jusqu'en Chine. Elles n'ont renversé ni le christianisme ni le mahométisme ni le bouddhisme. La suite a montré que Darwin avait eu raison de se taire et de compter sur les effets du temps. Ses deux volumes de la *Descendance de l'homme,* ont paru en 1871. Ils avaient redoublé les clameurs contre lui, mais bientôt quelques hommes éclairés, laïques ou ecclésiastiques, sincèrement attachés aux idées religieuses, l'ont défendu, et onze ans après, quand l'illustre naturaliste est mort, des sermons ont été prêchés à Saint-Paul et autres églises de Londres, pour établir que le darwinisme n'est pas opposé à la religion. Ses obsèques ont eu lieu dans l'abbaye de Westminster, sans aucune opposition, avec le concours du clergé anglican et des plus hautes notabilités du pays[1].

L'influence de Darwin n'est pas venue seulement de sa capacité et des circonstances dans lesquelles il a paru. Elle s'explique aussi par des conditions de famille et par sa position indépendante. Personne n'ignore que son père et son aïeul étaient médecins, habitués comme tels à l'observation et remarquables par une grande sagacité. Erasmus était de plus un poète, un naturaliste, un chimiste, enfin un homme de beaucoup d'esprit. La notice que Darwin a publiée sur lui en tête de la traduction d'une

[1] Je recommanderai aux personnes qui s'occupent des rapports de la science avec la religion la lecture du petit volume publié, en Amérique, par le Dr Asa Gray. Il est intitulé : *Natural science and religion*, New-York, 1880. Il se compose de deux conférences faites par l'auteur dans l'école de théologie du collège de Yale. La première expose, très clairement, les découvertes modernes en histoire naturelle, la doctrine de l'évolution et les rapports entre les deux règnes organisés. La seconde est sur la question considérée au point de vue religieux.

biographie allemande par Krause[1] est bien curieuse. Elle constate de singulières ressemblances d'idées entre l'aïeul et le petit-fils, qui cependant ne se sont pas connus, car le premier est mort une année avant la naissance du second. Erasmus[2] était frappé de la « lutte pour l'existence, » dont Charles a parlé si souvent. Elle lui paraissait une loi générale chez les êtres organisés. Certains appendices, inutiles ou incomplets, dans les végétaux et les animaux étaient pour lui des restes d'anciens organes, à la suite de changements d'une génération à l'autre. Il remarquait les ressemblances bizarres appelées de nos jours *mimiques* (de l'anglais *mimicry*), les effets de la prédominance chez les animaux des individus les plus forts dans les relations des deux sexes ; il connaissait des plantes insectivores, etc., etc. D'un autre côté on ne trouve pas dans les poèmes d'Erasmus, dans les notes qui les accompagnent et dans ses ouvrages spéciaux de physiologie et d'histoire naturelle l'idée principale, essentielle, conséquence forcée des choses, qui produit des effets incontestables : la *sélection*. Ni Duchesne, ni Lamarck, ni Erasmus Darwin, tous précurseurs du grand Darwin moderne, n'avaient découvert pour expliquer l'évolution une cause aussi efficace. Probablement elle n'est pas la seule, mais on l'appellera toujours un facteur d'une importance capitale[3].

[1] *Erasmus Darwin by Ernest Krause, with a preliminary notice by Charles Darwin*, un volume in-8°, Londres, 1879.

[2] Pages 113, 133, 145, 177, etc.

[3] Par exemple, on peut soupçonner, d'après certains indices, que les espèces portent en elles une cause qui les ferait prospérer puis s'affaiblir et même s'éteindre. Ce serait une nouvelle ressemblance des groupes avec les individus, dont les éléments, tout au moins, sont passagers.

En comparant les trois principaux précurseurs de Charles Darwin, j'ai remarqué, avec surprise, que pour la manière d'exposer les faits et de raisonner, il ressemble plus à Duchesne, dont il n'avait pas lu l'ouvrage, qu'à de Lamarck ou Erasmus Darwin. Lamarck est plus systématique. Erasmus aperçoit beaucoup de choses qu'il n'approfondit pas. Il est diffus et manque de méthode scientifique. Pour la richesse des observations, l'ensemble des doctrines et la grandeur des vues la supériorité de Charles est évidente.

La nombreuse descendance d'Erasmus Darwin a montré, dans l'un et l'autre sexe, des goûts d'observation et de réflexion. M. Francis Galton, auteur de recherches originales et intéressantes sur l'hérédité[1], est petit-fils, par sa mère, d'Erasmus. MM. George et Francis Darwin, fils de Charles, sont déjà connus, l'un par de bons mémoires de statistique et l'autre par des expériences intéressantes sur des sujets de physiologie. Il est difficile de ne pas admettre dans ce cas une influence héréditaire, mais elle a été sans doute corroborée par un désir très naturel d'écouter des conseils ou d'imiter. Les descendants du poète physiologiste dont la réputation était très grande à la fin du siècle dernier, ont lu certainement de bonne heure les ouvrages de leur aïeul. En général, l'hérédité explique la nature des organes, des facultés et des tendances, mais l'usage qu'on fait de ces moyens dépend beaucoup des conseils et des exemples, combinés avec la pression des circonstances dans lesquelles chacun se trouve.

Darwin a eu l'avantage d'une position de fortune,

[1] Galton, *Hereditary genius*, un volume in-8°, 1869 ; *Englishmen of science, their nature and nurture*, in-8°, 1874.

moyenne pour l'Angleterre, suffisante cependant pour lui donner, avec ses habitudes réglées et simples, une véritable indépendance. En sa qualité d'Anglais, il n'a pas eu de service militaire obligatoire. A l'âge le plus important pour un jeune homme, au lieu d'entrer forcément dans une caserne, il a pu s'engager volontairement dans une expédition scientifique autour du monde. Le trésor de faits et d'idées qu'il a accumulé pendant ce voyage de cinq ans a été dépensé peu à peu dans ses nombreuses publications. Sir Joseph Hooker a débuté de la même manière, et chacun sait quel profit il en est résulté pour la science.

Darwin n'a exercé aucune fonction publique, si ce n'est d'être *magistrate* dans son comté, ce qui ne demande pas beaucoup de temps. Il n'a jamais professé, mais par ses livres il s'est fait plus de disciples et a mieux répandu ses idées que s'il s'était adressé à des auditoires de mille élèves. Toute son attention, toutes ses forces se sont concentrées sur des travaux de recherches. Il était doué d'une si grande activité d'esprit qu'il ne s'est pas laissé endormir par une résidence continue, été et hiver, à la campagne, loin des ressources littéraires et des conversations scientifiques. C'est un exemple assez rare. Presque tous les littérateurs et hommes de science de premier ordre ont vécu, pendant une partie au moins de l'année, dans une ville. On ne peut guère citer que deux exceptions, de deux genres très différents : Voltaire et Darwin.

J'ai eu la satisfaction de passer une journée dans la maison modeste et confortable de Down, près Beckenham. Il me tardait de causer une seconde fois avec Darwin, que j'avais vu en 1839, et avec lequel j'entretenais une correspondance pleine d'intérêt. C'est par une belle matinée d'automne, en 1880, que je me suis rendu à la

station d'Orpington, où m'attendait le break de mon illustre ami. Le trajet jusqu'à Down prend une heure. Il ne présente rien de remarquable, si ce n'est la résidence entourée de beaux arbres, de sir John Lubbock, l'honorable représentant à la Chambre des Communes du haut commerce et de la science. Je ne parlerai pas ici de l'accueil aimable qui m'a été fait à Down, et du plaisir que j'éprouvais à causer familièrement avec M. et Mme Darwin et leur fils Francis. Je note seulement que Darwin septuagénaire était plus animé et paraissait plus heureux que je ne l'avais vu quarante et un ans auparavant. Il avait l'œil vif et une expression enjouée, tandis que ses photographies montrent plutôt sa conformation de tête, d'un philosophe de l'antiquité. Sa conversation variée, franche, gracieuse, tout à fait d'un *gentleman,* me rappelait celle des savants d'Oxford et de Cambridge. Le ton général en était d'accord avec celui des ouvrages. C'est un cachet de cette sincérité que tout le monde reconnaît comme une des causes du succès de Darwin.

Rien ne m'a paru rester autour de la maison des anciens travaux du propriétaire. Il employait des moyens simples. Ce n'est pas lui qui aurait demandé de construire des palais pour y loger des laboratoires. J'ai cherché la serre dans laquelle de si belles expériences ont été faites sur les hybrides végétaux. Elle ne contenait plus qu'un cep de vigne. Une seule chose m'a frappé, bien qu'elle ne soit pas rare en Angleterre. Des génisses, des poulains et autres animaux domestiques pâturaient autour de nous, avec la tranquillité qui suppose de bons maîtres, et j'entendais les aboiements joyeux de chiens qui n'étaient sûrement pas maltraités. Vraiment, me disais-je, l'histoire des variations chez les animaux a été faite ici et les obser-

vations doivent continuer, car Darwin n'est jamais inactif. Je ne me doutais pas de marcher sur les habitations de ces êtres infimes, appelés vers de terre, objet d'un dernier ouvrage dans lequel Darwin a montré une fois de plus que les petites causes produisent à la longue de grands effets. Il s'en occupait depuis trente ans, mais je l'ignorais.

Rentrés à la maison, Darwin me fit voir sa bibliothèque, grande pièce du rez-de-chaussée, très commode pour un homme studieux : beaucoup de livres sur les rayons; du jour de deux côtés; une table pour écrire et une autre pour les appareils destinés aux expériences. Celui sur la direction des racines était encore en action. Darwin me donna une idée de son avant-dernier ouvrage, qui était alors sous presse. Il eut l'obligeance de m'apprendre que pour ses notes il avait employé, de lui-même, précisément le procédé des fragments détachés que mon père et moi avons suivi et dont j'ai parlé en détail dans ma *Phytographie*. Quatre-vingts ans de notre expérience m'avaient montré sa valeur. J'en suis plus pénétré que jamais, puisque Darwin l'avait imaginé de son côté. Cette méthode donne aux travaux plus d'exactitude, supplée à la mémoire et gagne des années.

J'aurais aimé voir les registres d'expériences, qui ont dû être bien compliqués dans certains cas, mais les heures s'écoulaient comme des minutes. Il m'a fallu prendre congé. De précieux souvenirs me restent de cette visite. Je les place à côté de ceux que m'ont laissés les Jussieu, les Brongniart, les Geoffroy Saint-Hilaire, Cuvier, Arago, Robert Brown, de Martius, sir William Hooker et autres savants illustres avec lesquels, dans ma longue carrière, j'ai eu le bonheur de m'entretenir assez souvent.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

D. Leoncio de la Barcena. Traité de Tachymétrie. (*Tratado de taquimetria.* Madrid, E. Cuesta, 1882.)

Ce traité, rédigé à un point de vue éminemment pratique, réunit dans un petit nombre de pages les méthodes et les formules nécessaires à l'emploi usuel de la stadia dans les travaux topographiques. L'auteur y a joint diverses tables donnant les longueurs des degrés centésimaux avec le rayon pour unité, le passage des degrés centésimaux aux degrés sexagésimaux, la transformation en degrés centésimaux des pentes données en millimètres, et une table des sinus et cosinus naturels à 5 décimales, des tangentes et cosinus carrés à 4 décimales pour les 10000 minutes centésimales du quart de cercle. Ces diverses tables, établies d'une façon très claire et bien imprimées, peuvent être utiles même aux personnes qui auraient peine à lire commodément en espagnol la première partie de l'ouvrage. C. S.

J. Pernet, D^r^ Sc. Sur la mesure des températures au moyen du thermomètre a mercure.

Pour déterminer le rapport entre les mesures de température faites sur le thermomètre à air et sur le thermomètre à mercure, il est nécessaire que les indications de ce dernier instrument soient comparables entre elles. Or, il résulte des expériences de MM. Wild et Berthelot que les variations du point 100° atteignent rarement 0°,1, tandis que celles du point 0° sont beaucoup plus considérables. Il est donc évi-

dent qu'on ne peut les rapporter directement les unes aux autres. Les observations du point 100° ne sont comparables avec celles du point 0° que quand celles-ci se font *immédiatement après les premières.* En conséquence, Regnault, I. Pierre et M. Berthelot ont choisi pour *distance fondamentale* des points fixes de l'échelle l'intervalle compris entre ces points déprimés.

M. Pernet, s'aidant des ressources expérimentales du laboratoire érigé à Breteuil pour les besoins du Bureau international des poids et mesures, est parvenu à démontrer que cette distance fondamentale est *constante* à 0°,01 C. près, même dans le cours des années, si l'on n'expose par le thermomètre à des températures supérieures à 100°. Ainsi, le DEGRÉ *doit être la centième partie de l'intervalle compris entre les points fixes* DÉPRIMÉS. La différence de marche des thermomètres ne provient pas seulement de la diversité dans la dilatation du cristal et du verre de soude, mais surtout de la manière de calculer les températures. En effet, les variations du point zéro dépendent de la température à laquelle le thermomètre est exposé au moment de l'observation, et en outre des températures qui l'ont précédée et de leur marche.

Si on détermine le point zéro après un long repos du thermomètre, et qu'on porte l'instrument à une température donnée pendant cinq minutes, puis pendant dix minutes, et ainsi de suite, en intercalant des observations du zéro, on trouve que celui-ci s'abaisse d'abord rapidement, ensuite de plus en plus lentement, et qu'il arrive enfin à un maximum de dépression pour chaque température. Ce maximum n'est atteint pour les basses températures qu'au bout de plusieurs heures, tandis que pour les températures élevées, il suffit d'une exposition relativement courte. *Dans l'intervalle de 0° à 100°, ces maxima de dépression sont sensiblement proportionnels aux carrés des températures.* Ainsi on obtient le maximum z_t du zéro par la formule

$$z_t = z_0 - (z_0 - z_{100}) \frac{t^2}{100^2}$$

où z_0 représente le zéro observé après un repos prolongé du thermomètre, z_{100} le point zéro pris immédiatement après le point 100°, et t la température à laquelle l'instrument a été exposé longtemps pendant les observations. Pour calculer la température qui correspond à une lecture quelconque (corrigée des défauts de calibre, etc.), on n'a qu'à soustraire le zéro actuel, déterminé ou calculé par la formule ci-dessus, et à multiplier par la valeur du degré telle que nous l'avons définie.

M. le Dr Pernet nous communique le résultat de comparaisons qu'il a faites avec M. le Dr Grumbach entre la marche du thermomètre à air et celle de thermomètres à mercure en verre allemand. Pour réduire les lectures de ceux-ci à celles du thermomètre à air, il faut leur ajouter les corrections suivantes :

à — 15°, Corr.	+ 0°,022
0°	± 0°,000
+ 13°	— 0°,035
19°	— 0°,106
29°	— 0°.121
38°	— 0°,091

valeurs qui ne dépassent pas la moitié de celles qu'on avait adoptées jusqu'à présent.

Nous espérons revenir sur ce sujet important. Nous signalons, en attendant, à l'attention de nos lecteurs, le mémoire de M. Pernet, qui est imprimé dans le Tome I des *Travaux et Mémoires du Bureau international*, une notice qu'il a insérée dans le cahier mai-juillet 1881 du *Bulletin de la Société française de Physique*, ainsi qu'un mémoire dans *Carl's Repertorium*, XI, 257, et une note publiée en 1879 à Leipzig : *Ueber die Bestimmung der Fixpunkte der Quecksilbernormalthermometer und die Messung der Temperaturen.* E. W.

CHIMIE

R. Meyer et H. Boner. Hydroxylation par oxydation directe. (*Berichte*, XIV, 2391. Coire.)

L'acide α isocymolsulfurique a été oxydé par le per-

manganate de potasse en acide métaoxypropylsulfobenzoïque $C_6H_3SO_3COOHC_3H_6OH$; par contre, les auteurs de ce travail n'ont pu transformer, d'une manière analogue, les acides méthylbenzilique $C_6H_5CH(OCH_3)COOH$ et phénylbenzilique $C_6H_5CH(OC_6H_5)COOH$; dans les deux cas, on obtient l'acide phénylglyoxylique $C_6H_5CO.COOH$.

V. Merz et W. Weith. Préparation d'amines par les phénols et les alcools. (*Berichte*, XIV, 2343. Zurich.)

Essais préliminaires de A. Calm, sur l'action du β naphtol et de l'acétate d'ammonium; de G. Benz, sur le β naphtol et le chlorure de calcium ammoniacal; de E. Friedländer, sur le β naphtol et le chlorure de calcium et l'aniline ou la paratoluidine; de Walder, sur le β dinaphtol et le chlorure de zinc et l'aniline; de C. Buch, sur le phénol et le chlorure de zinc et la paratoluidine, sur le paracrésol et le chlorure de zinc et l'aniline; de A. Calm, sur la résorcine et l'alcool amylique en présence de chlorure de calcium et d'aniline.

G. Lunge. Points de congélation de l'acide sulfurique de différentes concentrations. (*Berichte*, XIV, 2649. Zurich.)

Poids spécifique à 15°	Degrés Baumé.	Point de congélation.	Point de fusion.
1.671	58		
1.691	59	liquide à — 20°	
1.712	60.05		
1.727	60.75	— 7.5°	— 7.5°
1.732	61	— 8.5	— 8.5
1.749	61.8	— 0.2	+ 4.5
1.767	62.65	+ 1.6	+ 6.5
1.790	63.75	+ 4.5	+ 8.0
1.807	64.45	— 9.0	— 6.0
1.822	65.15	liquide à — 20°	

ZOOLOGIE

J.-R. Bourguignat. Matériaux pour servir a l'histoire des Mollusques Acéphales du système européen. (Tome I, 8°, 387 p. Poissy, 1880-1881.)

M. Bourguignat se propose de publier sous ce titre quatre volumes accompagnés d'un atlas. Le premier volume contient cinq articles dont les trois premiers traitent des Pseudanodontes, des Æthéries et du nouveau genre Colletopterum; le quatrième est consacré aux Anodontes des régions occidentales de l'Asie, et le cinquième aux Anodontes d'Europe. Ce dernier article forme à lui seul plus des cinq septièmes du volume. L'auteur a introduit dans ce genre un assez fort contingent d'espèces nouvelles; nous pensons comme lui que « quelques esprits timorés pourront être effrayés du grand nombre d'Anodontes signalées, » et, ajoute-t-il, « on est loin cependant de connaître toutes celles qui existent en Europe... Dans une vingtaine d'années la liste sera doublée, peut-être triplée. »

Peu de groupes d'animaux présentent des difficultés aussi grandes de détermination spécifique que les Mollusques d'eau douce. Là où un zoologiste ne voudra reconnaître qu'une espèce avec 10 ou 15 variétés, un autre établira une section renfermant 10 ou 15 espèces. Tous deux nous paraissent également dans leur droit, car la notion d'espèce est quelque chose de tout à fait subjectif. Les divergences considérables qui existent quant à la manière de classer les formes actuellement existantes, même sans tenir compte des intermédiaires fournis par la paléontologie, montrent chaque jour davantage combien le soi-disant « type » spécifique est insaisissable. M. Bourguignat nous fait sa profession de foi à ce sujet. Pour lui, « l'espèce est *relative* sous la double influence du temps et des milieux. » En d'autres termes, « elle se maintient constante tant que les conditions climatologiques sont les mêmes, tant que les milieux ne subissent pas de changements. Si les milieux viennent à n'être plus les mêmes, les êtres vivants sont forcés de se sélecter des carac-

tères spéciaux pour se mettre à même de soutenir la lutte vitale dans les conditions ou les milieux nouveaux où ils sont forcés de vivre. » Aussi M. B. ne se préoccupe-t-il que d'une chose, « de savoir si la forme est constante. » Dans les cas où il reconnaît sa fixité, il la regarde comme espèce et la publie comme telle.

Ces principes nous paraissent très corrects; mais, de même que le magistrat le plus habile peut être embarrassé, dans tel cas particulier, pour savoir comment appliquer une loi en apparence très claire, de même le zoologiste le plus sagace se trouve souvent dans une grande perplexité pour décider si une forme est constante, et s'il doit considérer comme variations, variétés, races locales ou espèces, des échantillons ou des séries d'échantillons qui diffèrent plus ou moins entre eux.

Au milieu du conflit des théories, l'essentiel pour le zoologiste descripteur, est de bien caractériser les formes décrites. Or, si M. Bourguignat est un des malacologistes les plus disposés à multiplier les espèces, il est d'autre part un de ceux qui les décrivent le mieux et qui en publient les meilleures figures. Dans l'ouvrage présent, il a introduit un système de mensuration de la longueur, de la hauteur et de l'épaisseur des coquilles destiné à donner aux chiffres indiquant ces dimensions, une précision et une valeur comparative qui leur manquaient complètement jusqu'à présent. Sa méthode nous paraît très bonne; en tout cas, elle marque un progrès incontestable sur ce qui se pratiquait auparavant.

A.-H.

G. Haller. Die Hydrachniden der Schweiz.— Les Hydrachnides de la Suisse. (*Mittheilungen der naturf. Gesellschaft in Bern*, Jahrg. 1881[1]. Heft II, p. 18-83, avec 4 pl.)

Ce mémoire est une importante contribution à la faune suisse, soit parce qu'il traite d'un groupe qui avait été fort

[1] Telle est la date que porte le titre, mais nous croyons que le cahier contenant ce travail n'a paru qu'en 1882. C'est du reste cette dernière date qui est indiquée sur les planches.

négligé jusque dans ces dernières années, soit parce qu'il est dû à un zoologiste bien connu pour ses recherches sur les Acariens. On doit à Lebert une étude sur les Hydrachnides du lac Léman, mais il a décrit à nouveau plusieurs formes antérieurement connues et a considérablement multiplié les genres et les espèces.

M. Haller a eu l'intention de faire surtout un travail systématique et n'aborde guère ici l'étude anatomique des Hydrachnides qu'autant que cela est nécessaire pour la classification. Il décrit sommairement la structure des parties buccales, le mode de distribution des trachées, ainsi que celui des glandes cutanées qui sont disposées d'une manière régulière sur le corps et doivent probablement jouer le rôle d'organes défensifs. Il mentionne aussi et figure les pores qui paraissent donner accès dans un système aquifère. Il donne ensuite quelques détails sur l'enveloppe du corps, sur les pattes dans les deux sexes, et sur les ventouses ou cupules (Haftnæpfe) que l'on trouve dans la région génitale. Enfin, cette introduction se termine par un exposé du développement postembryonnaire.

En mettant en œuvre les résultats des récoltes de MM. Forel et Asper dans les lacs et de ses recherches propres qui ont été faites principalement dans les marais des environs de Berne, M. Haller a constaté en Suisse l'existence de 32 espèces bien déterminées rentrant dans 12 genres. Ces chiffres seraient bien faibles s'ils étaient définitifs, car dans une partie seulement de la Scandinavie, Neuman a trouvé 20 genres représentés par 59 espèces.

La distribution verticale des Hydrachnides est assez étendue ; en effet, les *Limnesia histrionica*, Bruz. et *Hygrobates longipalpis*, Herm., ont été rencontrées dans les lacs du Faulhorn, à environ 2154 et 2335^{m} d'altitude.

M. Haller considère l'ensemble des Hydrachnides comme formant un groupe auquel il attribue la valeur de sous-ordre. Il le divise en deux familles, les *Mediooculata* et les *Lateroculata* qui se distinguent l'une de l'autre, non seulement par la disposition de leurs yeux rapprochés ou éloignés de la ligne médiane, mais aussi par la conformation de leurs

parties buccales, la présence de ventouses ou leur remplacement par d'autres organes, etc. La première de ces familles ne comprend que les deux genres *Limnocharis* et *Eylais* qui ne sont représentés chacun que par une seule espèce. Les dix autres genres et leurs trente espèces rentrent tous dans la seconde famille.

Les quatre planches qui accompagnent le mémoire sont consacrées à des figures d'ensemble de plusieurs espèces et à de nombreux détails de structure. A.-H.

C.-R. Osten-Sacken. A Relic of the tertiary Period in Europe. Elephantomyia, a genus of Tipulidæ. (*Mittheilungen d. Münchener Entomolog. Vereins*, 1881, p. 152.)

M. Osten-Sacken avait découvert dans l'Amérique du Nord une Tipulide remarquable par sa trompe très longue et filiforme, portant de petits palpes insérés tout à fait à l'extrémité de l'organe. Ce diptère avait reçu de lui le nom d'*Elephantomyia Westwoodi*. En 1881, un de ses amis lui apporta un échantillon de la même espèce récolté en Bavière. Un fait analogue de distribution géographique était déjà connu pour le genre *Antocha* dont une espèce est représentée par des échantillons identiques en Europe et dans l'Amérique du Nord. Mais le cas de l'Elephantomyia offre un intérêt particulier venant de la distribution géologique de ce genre. En effet, l'on sait qu'un certain nombre de genres très spéciaux de Tipulides se rencontrent en même temps à l'état fossile dans l'ambre de la Prusse et à l'état vivant aux États-Unis, ce qui confirme les rapports que l'on a trouvés entre la faune et la flore tertiaires d'Europe et celles qui peuplent actuellement les États-Unis. Or, le genre Elephantomyia est au nombre de ceux-ci et semble avoir été mieux représenté pendant l'époque tertiaire qu'aujourd'hui. Le Dr Loew en a distingué trois espèces dans l'ambre, tandis que de nos jours on ne connaît que celle propre à l'Europe et à l'Amérique que nous venons de mentionner, et une seconde non décrite que M. Osten-Sacken a vue dans les collections rapportées de l'Afrique australe par Wahlberg.

M. Osten-Sacken montre que les autres Tipulides qui sont représentées dans l'ambre d'Europe et dans la faune actuelle de l'Amérique du Nord appartiennent à des genres ayant une distribution très sporadique. A.-H.

BOTANIQUE

E. Burnat et W. Barbey. Notes sur un voyage botanique dans les iles Baléares et dans la province de Valence.) 62 p. 1 pl. Genève, Georg.)

Bien que MM. Burnat et Barbey n'aient fait aux Baléares qu'un séjour très limité, ils y ont récolté un grand nombre de plantes et ont de plus étudié consciencieusement tous les documents relatifs à cette flore intéressante comme toutes celles des îles. Le chiffre total des espèces phanérogames vraiment indigènes paraît devoir être fixé à 1232, sur une étendue de 4800 kilomètres carrés environ. Ce nombre n'est pas élevé et tend à confirmer la loi que les îles sont en général, à surface égale, plus pauvres en espèces que les continents. Les Baléares n'ont, par exemple, guère que la moitié des espèces qu'on rencontre dans le département du Var. On y compte par contre 46 espèces spéciales, chiffre assez élevé.

Le mémoire de MM. Burnat et Barbey est complété par un certain nombre d'observations critiques relatives aux espèces mal connues et par la description de deux espèces nouvelles récoltées dans les environs de Valence, l'*Odontites Recordoni* et le *Verbascum valentinum*. M.-M.

W. Barbey. La Linnæa borealis, L. appartient-elle a la flore française (*Bull. Soc. Botan.*, t. XXVIII.)

Ce petit opuscule signale la découverte de la Linnæa borealis L. dans le *Creux de Novel*, vallon qui débouche sur le lac Léman, près de St-Gingolph. C'est une localité particulièrement intéressante pour les habitants de notre bassin à ajouter aux deux autres (Engadine et vallée de Saas) où l'on trouve dans notre pays cette jolie espèce circompolaire.

M.-M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois d'AVRIL 1882.

Le 1er, quelques gouttes de pluie, à 8 h. du soir, quantité non mesurable.
2, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,2.
3, id. minimum + 2°,9.
5, forte rosée le matin; éclairs à l'Ouest le soir.
6, éclairs à l'Ouest le soir.
7, forte rosée le matin.
8, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,6.
9, id. id. + 3°,6.
10, id. id. + 2°,3; depuis 8 h. du matin, forte bise jusqu'au soir.
11, gelée blanche le matin, minimum — 1°,2.
12, gelée blanche le matin, minimum 0°,0.
13, id. id.
15, il a neigé dans la nuit sur toutes les montagnes des environs.
17, fort vent du SSO depuis midi, il souffle encore plus fortement la nuit suivante.
19, forte rosée le matin; à midi halo solaire partiel.
20, forte rosée le matin.
21, rosée le matin.
22, forte rosée le matin,
24, il a neigé sur toutes les montagnes des environs; fort vent du SO, ce jour-là, le 25, et le 26 jusqu'à midi.
27, il a de nouveau neigé sur toutes les montagnes des environs.
28, gelée blanche le matin, minimum + 1°,0.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 7	à 8 h. matin	730,15
12	à 10 h. matin	725,76
21	à 8 h. matin	734,02
24	à 10 h. soir	725,28
27	à 10 h. soir	722,77
30	à 8 h. matin	727,25

MINIMUM.

		mm
Le 11	à 2 h. après midi	722,46
15	à 2 h. après midi	711,66
23	à 6 h. soir	721,60
26	à 4 h. après midi	712,24
28	à midi	717,57
30	à 10 h. soir	723,88

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	721,22	— 3,31	+ 8,18	+ 1,35	+ 3,1	+13,1	5,23	+0,06	672	— 46	430	860	...	...	variable	0,89	+7,8	+ 0,5	89,5
2	723,11	— 1,41	+ 9,07	+ 2,10	+ 2,2	+16,4	4,91	−0,30	614	—102	300	930	...	...	variable	0,13	..	.....	90,0
3	723,88	— 0,63	+ 9,13	+ 2,03	+ 2,9	+15,2	5,27	+0,02	645	— 69	340	910	...	...	N. 1	0,13	8,2	+ 0,8	90,5
4	723,87	— 0,63	+ 9,68	+ 2,44	+ 5,8	+15,0	6,56	+1,27	755	+ 42	550	890	...	...	N. 1	0,46	9,5	+ 2,0	89,9
5	724,58	+ 0,09	+ 8,37	+ 0,99	+ 3,4	+12,9	6,71	+1,38	817	+106	650	910	...	...	N. 1	0,49	10,3	+ 2,7	91,0
6	727,05	+ 2,56	+ 9,92	+ 2,41	+ 8 0	+13,8	6,72	+1,35	765	+ 55	600	850	...	...	N. 1	0,39	10,7	+ 3,0	90,5
7	729,17	+ 4,69	+ 9,32	+ 1,67	+ 3.4	+16,1	5,30	—0,12	650	— 58	310	930	...	...	N. 1	0,00	10,9	+ 3,2	91,2
8	727,26	+ 2,78	+ 9,02	+ 1,23	+ 2,6	+14.7	4,81	—0,66	585	—122	410	870	...	...	N. 1	0,00	10,5	+ 2,7	90,5
9	724,68	+ 0,20	+ 7,98	+ 0,05	+ 3,6	+13,2	3,48	—2,03	485	—221	200	700	...	...	N. 2	0.02	...	....	91,7
10	724,10	— 0,39	+ 4,69	— 3,38	+ 2,3	+ 7,7	3,09	—2,47	526	—178	280	790	...	...	NNE. 2	0,26	10,1	+ 2,1	93,0
11	723,18	— 1,31	+ 4,73	— 3,48	— 1,2	+ 9.1	2,43	—3,18	424	—279	200	650	...	...	N. 1	0,43	9,7	+ 1,6	91,0
12	724,87	+ 0,37	+ 5,17	— 3,18	0,0	+10,2	3,38	—2,28	557	—145	200	840	...	...	N. 1	0,23	9,5	+ 1,3	91,5
13	721,50	— 3,01	+ 8,23	— 0,26	0,0	+14.0	4,85	—0,86	604	— 97	340	790	0,6	2	SSO. 1	0,82	9,7	+ 1,4	91,1
14	718,41	— 6,11	+ 8,59	— 0.04	+ 6,2	+11,8	7,74	+1,97	949	+249	810	1000	29,0	19	variable	1,00	9,6	+ 1,2	90,5
15	713,12	—11,41	+ 6 51	— 2,26	+ 4,2	+11,7	6,49	+0,67	899	+199	770	950	12,4	4	variable	0,69	9,6	+ 1,1	96,5
16	718,45	— 6,10	+ 8,31	— 0,60	+ 3,9	+14,3	6,10	+0,23	761	+ 62	540	960	0.3	1	variable	0,78	...	.....	92,5
17	722,31	— 2,25	+10,73	+ 1,68	+ 6,4	+15,9	6,68	+0,75	722	+ 24	480	880	9,3	7	SSO. 2	0,79	9,8	+ 1,1	97,5
18	725,13	+ 0,55	+ 8.04	— 1,15	+ 6,9	+11,6	5,57	—0,42	729	+ 32	530	830	2,3	2	variable	0,81	8,8	0,0	97,0
19	731,14	+ 6,54	+ 8,94	— 0,40	+ 4,1	+13,8	6,08	+0,03	739	+ 42	480	980	...	...	N. 1	0,24	9,3	+ 0,5	99,1
20	732,13	+ 7,51	+12,18	+ 2,70	+ 3,7	+20,2	6,62	+0,51	648	— 48	370	860	...	...	variable	0.43	9,5	+ 0,5	98,2
21	732,37	+ 7,73	+12,07	+ 2,45	+ 6,3	+17,1	6,73	+0,56	662	— 34	430	890	...	...	N. 1	0,00	10,3	+ 1,3	98,0
22	726,29	+ 1,62	+12,82	+ 3,06	+ 4,8	+21,0	6,82	+0,59	641	— 54	390	920	...	..	N. 1	0,52	11,3	+ 2,1	102,0
23	722,93	— 1,76	+13,23	+ 3,32	+ 9,3	+18,1	6,24	—0,05	607	— 88	400	910	14,7	12	SO. 1	0,93	...	.. ..	104,6
24	723,87	— 0,85	+ 9,13	— 0,92	+ 5,8	+13,2	5,28	—1,07	643	— 52	430	770	0,1	...	SSO. 2	0,67	10,2	+ 0,8	100,7
25	722,73	— 2,02	+11,01	+ 0,81	+ 8,0	+14,8	5,71	—0,70	615	— 80	400	820	11,9	8	SSO. 2	0,90	9,5	0,0	101,5
26	714,58	—10,20	+10,36	+ 0,02	+ 7,0	+15,9	6,92	+0,44	775	+ 81	430	1000	4,2	6	SSO. 2	0,91	8,5	— 1,1	103,2
27	718,11	— 6,70	+ 4,96	— 5,52	+ 4,1	+ 8,0	6,30	−0,24	992	+298	780	1000	10.4	13	NE. 1	0,93	8.2	— 1,5	105,5
28	719,14	— 5,70	+ 6,63	— 4,00	+ 1.1	+12,9	5,34	—1,27	743	+ 49	410	930	7,1	7	SSO. 1	0.59	8,0	— 1,8	109,7
29	723,93	— 0,95	+11,93	+ 1,16	+ 5,6	+16.4	5,91	—0,77	584	—110	410	680	2,2	3	variable	0,52	8,1	— 1,8	109,5
30	725,79	+ 0,88	+10,76	— 0,16	+ 8,2	+15,2	6 88	+0 14	742	+ 48	500	860	1,8	2	variable	0,92	...	.....	111,0

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1882.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,35	725,58	725,54	725,03	724,43	724,14	724,21	724,78	724,96
2e »	723,44	723,58	723,50	722,89	722,56	722,54	722,68	723,26	723,60
3e »	723,83	724,02	723,78	722,92	722,34	721,89	722,08	722.27	722,49
Mois	724 21	724,39	724,27	723,62	723,11	722,86	722,99	723,44	723,65
				Température.					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,14	+ 7,20	+ 9,17	+11,07	+12,77	+13,16	+12,10	+ 9,93	+ 7,76
2e »	+ 4,48	+ 7,26	+ 9,38	+11,40	+12,25	+11,15	+10,50	+ 9,05	+ 7,87
3e »	+ 7,68	+ 9,70	+11,62	+13,48	+13,46	+13,28	+12,23	+10,81	+ 9,79
Mois	+ 5,44	+ 8,05	+10,06	+11,98	+12,83	+12,53	+11,61	+ 9,93	+ 8,47
				Tension de la vapeur.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,32	5,63	5,49	5,31	4,89	4,82	4,99	5,48	5,38
2e »	5,44	5,50	5,40	5,68	5,39	5,55	5,61	6,04	6,17
3e »	6,10	6,16	6,17	6,11	5,66	6,12	6,41	6,64	7,00
Mois	5,62	5,76	5,69	5,70	5,31	5,50	5,67	6,05	6,18
				Fraction de saturation en millièmes.					
1re décade	860	733	626	533	444	427	471	591	673
2e »	840	707	600	560	501	565	601	699	760
3e »	792	698	610	539	500	562	620	700	786
Mois	831	713	612	544	482	518	564	663	740

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 3,73	+ 13,81	0,28	+ 9,75	—	90,78
2e »	+ 3,42	+ 13,26	0,62	+ 9,50	53,9	94,49
3e »	+ 6,02	+ 15,26	0,69	+ 9,26	52,4	104,57
Mois	+ 4,39	+ 14,11	0,53	+ 9,50	106,3	96,61

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 1,00.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,80 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est S. 40°,8 O. et son intensité est égale à 20,51 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1882.

Le 1er, neige, brouillard, fort vent du SO jusqu'à. 4 h. après midi.
4, brouillard par intervalles le soir.
10, brouillard une partie de la journée par une forte bise.
11, id. id.
12, forte bise tout le jour.
13, neige le soir.
14, neige tout le jour, fort vent du SO. le soir.
15, neige et fort vent du SO. jusqu'au soir.
16, brouillard depuis 4 h. après midi.
17, neige le soir par un fort vent du SO.
18, neige dans la nuit, et dans la journée; très forte bise depuis 8 h. du matin, qui n'a permis de recueillir qu'une partie de la neige tombée dans la journée, brouillard.
19, brouillard le matin, forte bise.
20, brouillard le soir, forte bise.
22, fort vent du SO.
23, neige, brouillard, fort vent du SO.
24, neige, brouillard jusqu'à midi.
25, neige le soir.
27, neige le matin et le soir, fort vent du SO.
28, id. id.
30, neige, fort vent du SO. le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 7 à 10 h. soir	566,97	Le 11 à 8 h. matin	555,49
13 à 10 h. matin	561,23	15 à 4 h. après midi	552,40
21 à 10 h. matin	570,05	24 à 6 h. matin	558,64
24 à 10 h. soir	561,11	27 à 6 h. matin	551,47
30 à 10 h. soir	565,66		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	558,79	— 1,56	558,28	559,53	— 4,87	+ 0,61	— 5,2	— 3,5	150	15,8	....	SO. 2	1,00
2	561,01	+ 0,61	560,08	561,80	— 3,35	+ 2,01	— 8,1	+ 1,0	.....	.....	....	SO. 1	0,22
3	561,93	+ 1,47	561,72	562,06	— 1,62	+ 3,62	— 5,6	+ 2,2	.....	.....	....	variable	0,30
4	561,72	+ 1,20	561,52	561,93	— 1,84	+ 3,28	— 4,5	+ 2,1	.....	.....	....	SO. 1	0,50
5	562,41	+ 1,83	562,02	563,18	— 2,24	+ 2,75	— 4,0	+ 1,7	.....	.....	....	SO. 1	0,54
6	564,70	+ 4,06	563,81	565,64	— 2,70	+ 2,16	— 5,0	+ 1,0	.....	.....	....	SO. 1	0,23
7	566,54	+ 5,83	565,76	566,97	— 3,57	+ 1,17	— 8,0	+ 1,3	.....	.....	....	SO. 2	0,07
8	564,20	+ 3,42	563,38	565,38	— 0,81	+ 3,80	— 4,7	+ 3,7	.....	.....	.. .	variable	0,01
9	559,95	— 0,90	559,48	561,14	— 5,66	— 1,18	— 8,5	— 2,3	.....	.. ..	....	NE. 2	0,26
10	556,93	— 3,99	556,64	557,32	-10,20	— 5,85	—12,0	- 7,5	.....	.....	....	NE. 2	0,78
11	555,93	— 5,06	555,49	556,54	—12,32	— 8,10	—14,5	—10,0	.....	.....	....	NE. 3	0,46
12	559,38	— 1,68	557,14	561,19	— 7,86	— 3,77	—13,0	— 4,9	.....	.....	....	NE. 2	0,17
13	560,78	— 0,36	560,32	561,23	— 4,25	— 0,29	— 6,6	— 0,5	80	7,8	....	SO. 2	0,57
14	557,16	— 4,06	555,27	558,48	— 4,04	— 0,21	— 4,4	— 1,3	140	13,1	....	SO. 2	1,00
15	553,28	— 8,02	552,40	553,87	— 3,85	— 0,16	— 4,5	— 2,0	150	16,0	....	SO. 2	0,99
16	556,24	— 5,14	553,99	558,55	— 4,17	— 0,62	— 6,5	— 0,3	......	.....	....	NE. 1	0,61
17	560,30	— 1,16	559,14	560,71	— 1,85	+ 1 56	— 6,0	+ 1,6	40	4,2	....	SO. 1	0,46
18	559,70	— 1,84	558,67	561,91	— 6,50	— 3,23	— 7,6	— 4,0	240	18,6	....	NE. 3	1,00
19	566,10	+ 4,48	564,02	568,07	— 4,21	— 1,08	— 7,2	— 1,0	.....	.....	....	NE. 2	0,33
20	569,12	+ 7,41	567,87	570,02	+ 0,92	+ 3,91	— 1,5	+ 4,4	.....	.....	....	NE. 2	0,51
21	569,86	+ 8,06	569,08	570,05	+ 1,25	+ 4,10	— 3,4	+ 5,5	.....	.....	....	NE. 1	0,17
22	567,32	+ 5,43	566,30	568,53	+ 1,80	+ 4,51	— 1,8	+ 5,8	.....	.....	....	SO. 2	0,37
23	562,29	+ 0,31	560,56	564,32	— 1,69	+ 0,88	— 2,6	— 0,3	180	24,1	....	SO. 2	1,00
24	559,86	— 2,21	558,64	561,11	— 3,96	— 1,53	— 6,5	+ 0,8	190	16,8	....	SO. 1	0,50
25	560,20	— 1,96	558,75	561,10	— 2,75	— 0,46	— 6,7	+ 1,0	100	9,2	....	SO. 1	0,70
26	554,04	— 8,21	553,00	555,00	— 1,72	+ 0,42	— 2,9	+ 1,4	120	11,8	....	SO. 2	0,73
27	553,36	— 8,98	551,47	555,81	— 6,71	— 4,72	— 8,2	— 3,5	180	6,4	....	NE. 3	1,00
28	555,65	— 6,78	555,02	557,03	— 5,80	— 3,95	— 9,2	— 1,0	70	6,0	....	NE. 2	0,78
29	561,62	— 0,90	559,21	563,94	— 0,90	+ 0,81	— 7,0	+ 5,0	.....	.....	....	SO. 1	0,33
30	565 24	+ 2,62	564,52	565,66	+ 1,53	+ 3,10	0,0	+ 3,8	70	7,4	....	SO. 2	0,80
											....		

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1882.

	6h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	561,73	561,65	561,69	561,76	561,67	561,71	561,85	562,01	562,15
2e »	559,02	559,26	559,55	559,71	559,71	559,83	560,01	560,34	560,62
3e »	560,75	560,83	561,00	560,96	560,84	560,79	560,95	560,99	561,23
Mois	560,50	560,58	560,72	560,81	560,74	560,78	560,94	561,11	561,34
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 6,08	— 3,87	— 2,43	— 0,81	— 0,43	— 1,26	— 2,90	— 4,28	— 4,99
2e »	— 6,75	— 5,06	— 3,74	— 2,26	— 2,18	— 3,44	— 4,08	— 4,57	— 5,11
3e »	— 3,75	— 2,47	— 0,53	+ 0,34	+ 0,91	+ 0,75	— 1,12	— 2,27	— 2,80
Mois	— 5,53	— 3,80	— 2,23	— 0,91	— 0,57	— 1,32	— 2,70	— 3,71	— 4,30

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 6,56	— 0,03	0,39	15,8	150
2e »	— 7,18	— 1,80	0,61	59,7	650
3e »	— 4,83	+ 1,85	0,64	81,7	910
Mois	— 6,19	+ 0,01	0,55	157,2	1710

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 1,00.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,83 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 14,81 sur 100.

CONTRIBUTION DE L'ASTRONOMIE

A LA SOLUTION D'UN

PROBLÈME DE PHYSIQUE MOLÉCULAIRE

Paris, le 16 décembre 1881.

A M. J.-B. DUMAS

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES [1]

Monsieur et cher Maître,

L'accueil bienveillant que vous avez bien voulu me faire m'engage à fixer par écrit les points principaux de notre entretien de dimanche passé. Je vous remercie infiniment du concours que vous m'avez offert pour m'aider à réaliser la partie expérimentale du but scientifique que je poursuis et que je vais exposer dans les lignes suivantes.

L'étude synthétique des phénomènes thermochimiques, des lois de la thermodynamique et des expériences se rapportant à ces chapitres des sciences physiques nous ont amené à considérer la *température* d'un corps comme étant l'*amplitude moyenne* des oscillations vibratoires des molécules constituant ce corps.

[1] Nous reproduisons ici la lettre de M. Raoul Pictet à M. Dumas, en la faisant suivre d'un mémoire original de MM. Raoul Pictet et Gustave Cellérier sur le même sujet. (*Réd.*)

Cette définition, prise comme point de départ, permet d'expliquer et de déduire toutes les lois essentielles de la Théorie mécanique de la chaleur. On en dégage aisément la loi de Dulong et Petit, la loi de l'isomorphisme dans les systèmes de cristallisation, les rapports qui unissent les coefficients de dilatation de tous les corps avec leur poids atomique, leur température de fusion et leur densité, etc.

Les tensions maxima se calculent d'avance avec toute exactitude, enfin les deux grands principes mécaniques de la chaleur en sont une conséquence immédiate et forcée.

J'ai donc tout lieu de croire que cette définition sera adoptée puisqu'elle satisfait aussi bien à la condition d'intégrabilité de l'équation différentielle du mouvement (fonction S de Zeuner) qu'à la définition tirée du thermomètre à air ou à mercure (définition de Regnault).

Dans ce cas, qu'est-ce que la *chaleur spécifique* d'un corps ?

La chaleur spécifique devient la manifestation unique de l'*attraction* des molécules les unes pour les autres.

En effet, si l'on multiplie l'*espace parcouru* (température) par la *force moléculaire* (chaleur spécifique) on obtient la chaleur totale ou quantité de travail absolu que contient le corps.

Ici se place, par conséquent, une question importante et qui n'est nullement secondaire, ainsi qu'on l'a dit souvent :

L'attraction de la matière par la matière est-elle une propriété fondamentale, essentielle de la matière, ou n'est-elle que le résultat de l'action dynamique du milieu dans lequel la matière se trouve?

En d'autres termes, peut-on dire que, sans qu'il soit

possible de l'expliquer, la matière attire la matière sans l'intermédiaire actif du milieu, ou bien : l'attraction comme *force* n'existe pas, elle n'est que la manifestation des chocs de l'éther qui tendent à rapprocher les corps suivant la loi newtonienne.

Dans le premier cas, on admet le *potentiel attractif* de la matière comme un capital primitif placé dans chaque élément matériel, capital qui ne s'épuise que par le rapprochement absolu de toute la matière existante dans l'univers. Dans le second cas, ce potentiel est nul et l'on admet qu'une certaine quantité de force vive a été communiquée à l'origine des temps à la masse de l'univers, quantité de force vive qui fatalement se transforme sous mille combinaisons différentes dans tous les phénomènes physico-chimiques et astronomiques de la nature.

Dans le premier cas, $\frac{1}{2}mv^2 +$ *le potentiel est constant.*

Dans le second cas, $\frac{1}{2}mv^2$ *seul est constant.*

La solution de cette importante question est nécessaire pour établir d'une façon un peu nette les théories physiques et pour trouver les rapports intimes qui existent entre les divers éléments des corps.

Dans l'hypothèse où l'*attraction* est une propriété essentielle de la matière, nous l'assimilerons à l'*inertie :* ainsi, un corps quelconque posséderait comme caractères primordiaux une certaine quantité d'inertie, sans laquelle nous n'arriverions jamais à être mis en contact avec lui ni à le connaître, et une certaine quantité d'*attraction* qui serait la manifestation de son influence propre sur le reste de l'univers.

Telles seraient les conditions d'existence de la matière. Dans l'hypothèse où $\frac{1}{2}mv^2$ seul est constant, l'*inertie* et *le mouvement* sont les propriétés fondamentales de la

matière; les *chocs* sont les moyens de transformation des différents modes de mouvement.

Prenons donc un corps quelconque et chauffons-le.

Si nous sommes partisans de la première hypothèse, celle du *potentiel,* nous devons nous attendre à trouver des rapports simples entre l'*inertie du corps considéré,* entre l'*attraction des molécules* les unes pour les autres, et entre l'*augmentation de volume du corps,* le tout associé à la quantité de travail mécanique fourni au corps sous forme de chaleur.

Les *chaleurs spécifiques*, les *chaleurs latentes* seront donc des fonctions du *poids atomique* ou *inertie* du corps et la *dissociation* qui se traduit par la *fusion* et la *volatilisation* se déduira de l'étude du corps sous ces deux points de vue : *masses* mises en mouvement et *potentiel* de ces masses.

Si nous sommes partisans de la seconde hypothèse, en admettant que $\frac{1}{2} mv^2$ est constant, nous sommes obligés absolument de considérer le *volume* des corps, c'est-à-dire la surface extérieure de la plus petite quantité de matière.

En effet, les *chocs* seuls expliquent les phénomènes. Mais qui dit *choc* dit *surface* où se passe le choc. Plus cette surface sera grande, plus le nombre des chocs de l'éther sera considérable, plus la réaction de la matière sera forte.

Nous devons donc nous attendre, dans cette seconde hypothèse, à trouver des rapports simples entre le volume des atomes et des molécules, c'est-à-dire entre les coefficients qui représentent la densité des corps, le nombre d'atomes et le poids atomique et les chaleurs spécifiques, les chaleurs latentes et les tensions maxima.

En d'autres termes, dans la première hypothèse, la physique moléculaire s'appuiera essentiellement sur le *poids atomique,* qui, en vertu de la chute des corps, représente simultanément l'idée de l'*inertie* et celle de l'*attraction*, propriétés essentielles; dans la seconde hypothèse, les phénomènes physico-chimiques se déduisent surtout du *volume* des atomes et du *milieu* dans lequel se passent les phénomènes étudiés.

Le *milieu* devenant *actif,* une variation du milieu entraînera dans les phénomènes d'attraction des variations concomitantes tout à fait indépendantes de la matière elle-même.

Les *chaleurs spécifiques* et les *chaleurs latentes* peuvent donc être des éléments variables dans une même substance et à *une même température* sous la même pression, suivant l'*énergie mécanique du milieu* où se passent les phénomènes.

Ainsi toute la physique moléculaire est intimement liée à la solution de cette question théorique.

Nous avons cherché une méthode expérimentale capable de porter quelque jour sur ce problème. Sans entrer dans des détails trop minutieux, nous allons exposer le plan de ce travail.

On peut admettre, je crois, que le système solaire est à peu près indépendant, mécaniquement parlant, du reste de l'univers, c'est-à-dire qu'aucun mouvement, relativement au centre de gravité de ce système, n'est produit dans nos planètes par la perturbation des autres systèmes qui nous entourent.

Nous pouvons donc appeler M la masse du système solaire total. Cette masse se décompose en m, m', m'',... masses respectives du Soleil, Vénus, Terre, Jupiter, etc.,

et μ masse de l'éther dont la densité est fonction de la vitesse de propagation de la lumière et de la chaleur, ainsi que des longueurs d'onde.

En multipliant toutes ces masses par le carré de la vitesse absolue de chaque particule relativement au centre de gravité du système solaire on obtient le facteur

$$\frac{1}{2} Mv^2 = \text{force vive totale du système solaire.}$$

Cette force vive constante (si l'on admet la seconde hypothèse où $\frac{1}{2} mv^2$ est constant) ne se répartit pas dans tout le système solaire d'une manière régulière et fixe. Tantôt une planète, comme Jupiter, se trouve à l'extrémité du grand axe de son ellipse et marche plus lentement, tantôt, au contraire, sa vitesse s'accélère et passe par le maximum à une autre position de son orbite.

A la même minute, toutes les planètes tournent autour du Soleil, les unes avec leur vitesse maximum, d'autres avec des vitesses minima, d'autres enfin avec des vitesses intermédiaires. Nous pouvons faire la *somme* de toutes ces forces vives de l'ensemble du système solaire et différentier l'équation totale par rapport au temps. Les *variations* ainsi obtenues *pour chaque heure* élimineront naturellement toutes les *quantités de force vive constante* représentées par la rotation des astres sur eux-mêmes; elles ne montreront que l'accroissement ou la diminution de l'ensemble des forces vives variables du système.

On pourra aisément tracer une courbe de ces variations calculée par les éphémérides des principales planètes. Jupiter jouera dans ce calcul le rôle prépondérant.

En considérant toujours la seconde hypothèse, où l'attraction n'est que le résultat des chocs, il est bien évident que l'attraction manifestée par chaque planète pour

les corps qui sont à sa surface sera l'écho de la force vive disponible sur cette planète. *Cette force vive sera variable suivant le jour et l'heure de l'observation.*

En effet, la force vive du système solaire *étant fixe et constante* si les planètes, un certain jour, absorbent dans leur propre masse une quantité maximum de force vive, la *cause de la pesanteur sur la Terre* sera diminuée de tout l'excès qui s'est accumulé dans ces corps en mouvement, et *l'accélération* g passera par un *minimum.* Au contraire, lorsque, quelques années plus tard, l'ensemble des planètes donnera un total de force vive minimum pour leurs masses en mouvement, la valeur de g, pour les mêmes raisons, devra passer par un *maximum.*

On comprend aisément que la valeur de l'attraction terrestre ne peut pas rester constante si la force vive disponible varie en fonction du temps et de la position respective des autres planètes.

Or, on peut calculer la màsse totale M du système, les masses partielles et leurs vitesses variables; on trouve pour ces variations des *valeurs considérables;* donc, si l'on enregistre soigneusement les valeurs de g obtenues directement pendant des observations qui doivent durer au minimum plusieurs années, et si l'on trace une courbe des valeurs de g ainsi obtenues, on doit constater la coïncidence suivante :

La courbe des variations de la force vive totale des planètes doit être inverse de la courbe des valeurs de g *rapportées au même temps.*

Les écarts dans les maxima et les minima des deux courbes, pris sur une même ordonnée, donneront la mesure de la vitesse de propagation de la force vive dans l'éther du système solaire.

Ces conclusions sont rigoureuses dans le cas où l'hypothèse :

$$\frac{1}{2} mv^2 = \text{constante}$$

est d'accord avec la nature ;

Dans le cas, au contraire, où l'*attraction* est une propriété essentielle de la matière, et où l'on a :

$$\frac{1}{2} mv^2 + \text{le potentiel} = \text{constante},$$

on devra trouver pour g *une constante,* puisque g est la manifestation unique d'un potentiel constant, étant donné que la masse de la Terre est constante durant le cours des observations de g.

Il faudra donc tenir compte des perturbations de la Lune pour la mesure de g, ainsi que de celles du Soleil, puis vérifier si, ces corrections faites, g est constant.

Je crois que cette méthode expérimentale est l'unique moyen que l'on possède pour diagnostiquer avec certitude sur les propriétés essentielles de la matière et décider entre ces deux grandes théories, qui sont toutes les deux défendues par des hommes d'un mérite incontestable.

Quant à la mesure de g, il y a plusieurs procédés opératoires, et il serait indispensable, avant de commencer des observations, de discuter analytiquement les avantages de chacun d'eux et les modes d'inscription des valeurs obtenues.

Les moyens optiques d'enregistrement, les actions mécaniques associées au mouvement des pendules et le genre de pendules seront autant de sujets importants de discussion dans le cas où l'on serait d'avis de donner

suite à ces recherches, que je considère comme bien utiles pour asseoir définitivement les théories physiques.

Voilà, cher Maître, une bien longue lettre; mais je tenais à vous exposer le but que je poursuis dans ses traits généraux, bien heureux si des expériences suivies peuvent être entreprises sous vos bienveillants auspices.

Veuillez, je vous prie, cher Maître, agréer l'expression de ma reconnaissance et de mon entier dévouement.

RAOUL PICTET.

ÉTUDE

DES

VARIATIONS DE LA FORCE VIVE DU SYSTÈME SOLAIRE

par

MM. Raoul PICTET et Gustave CELLÉRIER.

PREMIÈRE APPROXIMATION

Dans l'article qui précède [1], l'un de nous a exposé l'ensemble des considérations qui nous ont amené à comparer les variations de la force vive du système solaire avec des mesures très exactes de la valeur de g (mesure de la pesanteur) faites pendant la même période de temps et rapportées aux mêmes dates.

En juxtaposant par les méthodes graphiques la courbe des variations de la force vive de tout notre système planétaire et celle trouvée pour les valeurs de g on en peut détacher une conclusion sur les propriétés essentielles et fondamentales de la matière, à savoir si *l'attrac-*

[1] Contribution de l'Astronomie à la solution d'un problème de Physique moléculaire (voir plus haut, p. 513).

tion de la matière pour la matière est dépendante ou indépendante de l'influence du milieu dans lequel la matière se trouve. Cette solution domine toute la physique moléculaire.

Sans revenir sur les arguments déjà présentés, nous désirons exposer ici comment on peut procéder pour évaluer les variations de la force vive du système solaire, puis nous passerons au calcul numérique en nous bornant toutefois à une première approximation, laissant à des hommes spéciaux le calcul général et définitif.

Notre système solaire se compose d'un groupe de corps pondérables lancés dans l'espace et gravitant autour d'un centre de gravité considéré comme fixe ou comme animé d'un mouvement parfaitement uniforme durant le cours de nos observations.

Chacun de ces corps célestes (soleil et planètes) réagit par la *gravitation* sur tous les autres corps de notre système solaire et sur la masse de l'éther dans lequel ils sont tous baignés.

De ce fait il résulte que le mouvement de chaque planète est exprimé par une équation dans laquelle figurent toutes les forces d'attraction ainsi que leurs variations combinées en raison des distances réciproques de tous les centres de force et des masses attirantes.

Il y a donc autant d'équations élémentaires qu'il y a de planètes pour déterminer d'une manière rigoureuse le mouvement absolu de chaque corps céleste.

En rapportant toutes ces équations élémentaires au même temps, on en pourra tracer la courbe en prenant les temps comme abscisses et les ordonnées comme force vive.

La *somme* de toutes les ordonnées partielles représen-

tera l'*intégrale* totale de la force vive du système solaire dans son ensemble, pour une certaine heure, minute et seconde du temps.

Mais ce que nous cherchons c'est la courbe des *variations,* car ce ne sont que les variations de la force vive totale du système solaire qui peuvent influer sur la pesanteur terrestre dans le cas où la gravitation serait le résultat dynamique de l'action du milieu où se meut la matière.

La variation de la force vive totale du système solaire s'obtiendra par la courbe générale, construite comme nous venons de l'exposer, *en retranchant toutes les constantes.*

Les forces vives constantes, fixes, invariables, ne peuvent en aucun cas modifier l'état dynamique du milieu où elles se trouvent et doivent par ce fait être éliminées.

La dérivée de l'équation générale nous amène au but et permet de suivre minute par minute les changements survenus dans la force vive totale du système solaire.

Comme on le voit, le calcul est considérable, surtout si l'on veut tenir compte des perturbations secondaires.

Nous avons voulu faire une première étude de ce problème, nous bornant à une approximation suffisante pour établir les valeurs numériques correspondant aux variations extrêmes de la force vive de notre système planétaire pendant une période de 37 ans environ.

Nous ne considérons dans ce travail que les huit planètes principales et le soleil lui-même.

Nous laisserons de côté les perturbations.

Enfin, nous nous bornerons aux valeurs limites positives et négatives comprises entre le 1er janvier 1882 et le 1er janvier 1919.

Le calcul ramené à cette simplicité peut se traiter d'une manière élémentaire.

Soit :

$$\frac{kmm'}{r^2}$$

l'attraction de deux masses m et m' à la distance r l'une de l'autre.

Nous appellerons M la masse du soleil.

On sait que la variation de *force vive* F des masses m et m' s'exprime par :

$$\Delta F = \Delta \frac{kmm'}{r}$$

en représentant l'ensemble des planètes par

$$\Sigma m$$

la variation de la force vive du système solaire sera exprimée par :

$$\Delta F = kM\Delta\Sigma \frac{m}{r}$$

Appelons $2a$ le grand axe de l'orbite d'une planète et e son excentricité.

a est la valeur moyenne de r.

Pour avoir une valeur moyenne approchée de F à laquelle on puisse comparer les écarts ΔF on assimilera le mouvement d'une planète à un mouvement circulaire et l'on posera l'équation de la force centrifuge :

$$\frac{mv^2}{a} = \frac{kmM}{a^2}$$

qui se transforme en :

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kmM}{2a}$$

la valeur de F moyenne sera F_0 donnée par :

$$F_0 = \frac{kM}{2} \Sigma \frac{m}{a}$$

de sorte que l'on a

$$\frac{\Delta F}{F_0} = 2 \frac{\Delta \Sigma \frac{m}{r}}{\Sigma \frac{m}{a}}$$

Pour faciliter le calcul numérique et obtenir une expression commode pour une époque quelconque, remarquons que :

$$\frac{r-a}{a}$$

est une quantité faible dont nous pouvons négliger le carré sans grande erreur.

Posons :

$$r - a = \Delta r$$

On obtient :

$$\Delta \frac{1}{r} = -\frac{\Delta r}{a^2}$$

Nous utiliserons l'équation de l'ellipse en coordonnées polaires qui est :

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos\Theta}$$

Θ est l'angle du rayon vecteur,
d'où

$$\Delta r = \frac{-ae^2 - ae\cos\Theta}{1+e\cos\Theta}$$

En négligeant le carré de *e* quantité petite.

$$\Delta r = -ae\cos\Theta$$

Enfin, revenant à notre équation précédente :

$$\Delta\frac{1}{r} = \frac{e\cos\Theta}{a}$$

Ainsi pour la variation totale de F on a l'expression :

$$\frac{\Delta F}{F_0} = \frac{2\Sigma\frac{me}{a}\cos\Theta}{\Sigma\frac{m}{a}}$$

Telle est l'équation fondamentale qui sert à déterminer les variations relatives de la force vive du système planétaire si l'on se borne, comme nous avons l'intention de le faire, à une *première approximation.*

Prenons maintenant les huit planètes : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

Nous avons les éléments suivants :

$$\text{Pour la Terre} \quad m = 1 \quad a = 1.$$

PLANÈTES	m	a	e	$\frac{m}{a}$	$\frac{m\,e}{a}$
Mercure........	0,075	0,3871	0,20560	0,194	0,040
Vénus..........	0,787	0,7233	0,006843	1,09	0,0075
Terre..........	1	1	0,01677	1,00	0,0168
Mars...........	0,109	1,5237	0,09326	0,071	0,0066
Jupiter.........	309,028	5,2028	0,04824	59,40	2,865
Saturne........	92,394	9,5389	0,05600	9,686	0,5124
Uranus.........	15,771	19,1826	0,04658	0,822	0,0384
Neptune........	18,542	30,0370	0,00872	0,618	0,0054
				$\Sigma \frac{m}{a} = 72,881$	

Les valeurs de

$$\frac{m}{a}$$

tirées du tableau précédent nous montrent que l'influence de Vénus, Mars et Neptune sur la variation de la force vive F *est négligeable.*

Nous voyons également que celle de Mercure, de la Terre et d'Uranus *est faible.*

Par contre l'influence de Jupiter et de Saturne *est considérable,* ces planètes jouent un rôle prépondérant.

On a d'ailleurs :

$$\Sigma \frac{m}{a} = 72.881$$

c'est la somme numérique de la 5me colonne du tableau précédent :

Nous en déduisons :

$$\frac{\Delta F}{F_0} = \frac{\Sigma \frac{me}{a} \cos \Theta}{36,44}$$

ou bien :

$$\frac{\Delta F}{F_0} = 0,02744 \, \Sigma \frac{me}{a} \cos \Theta$$

Il convient d'examiner si la force vive du Soleil lui-même peut être négligée puisque le centre de gravité du système solaire ne coïncide pas avec celui de cet astre.

La masse du soleil est 1050 fois celle de Jupiter et 3512 fois celle de Saturne.

Pour simplifier le calcul, limitons à ces trois corps l'ensemble du système, et supposons-les en ligne droite dans la position qui écartera le plus le soleil du centre de gravité du système.

Représentons ces trois corps par les lettres :

M Soleil
m Jupiter
m' Saturne

On peut écrire les équations se rapportant à ces trois corps :

$$MV = mv + m'v'$$

d'où l'on tire :

$$\frac{MV^2}{mv^2 + m'v^2} = \frac{1}{M} \frac{(mv + m'v')^2}{mv^2 + m'v'^2}$$

Or dans cette équation les vitesses v et v' de Jupiter et de Saturne sont proportionnelles aux produits des moyens mouvements par les distances moyennes, c'est-à-dire pour ces deux planètes à :

Pour Jupiter	$299 \times 5{,}20$	$= 1554.8$
Pour Saturne	$120{,}5 \times 9{,}54$	$= 1149.6$

Ces quantités sont de même ordre de grandeur, si nous les supposons égales nos équations nous donnent :

$$\frac{MV^2}{\Sigma mv^2} = \frac{m+m'}{M} = \frac{1}{1050} + \frac{1}{3512}$$

On voit par là que la variation de la force vive du Soleil et sa force vive elle-même sont négligeables.

Pour tracer la courbe des variations de la force vive de notre système planétaire, il faut indiquer les dates se rapportant aux points de départ des angles Θ au moyen desquels nous avons obtenu l'équation générale :

$$\frac{\Delta F}{F_0} = \frac{2\Sigma \frac{me}{a} \cos \Theta}{\Sigma \frac{m}{a}}$$

En consultant les chiffres donnés dans l'annuaire du Bureau des Longitudes on voit que *pour obtenir la valeur de l'angle* Θ *au 1er janvier 1850, il faut retrancher de la longitude moyenne à cette date la longitude du périhélie.*

En ajoutant à ces quantités :

$$365{,}2422 \times 32\,\mu$$

μ étant le moyen mouvement diurne, on obtient Θ au 1er Janvier 1882.

Nous prendrons dans ce calcul comme unité le degré et ses décimales.

Voici le détail du calcul pour les huit grandes planètes.

PLANÈTES	θ au 1er J. 1850	θ au 1er J. 1850	log. μ°	$365,2422 \times 32\mu$ — 360 n. entier	θ' au 1er J. 1882
Mercure.	252° 8′ 6″	252°,13	0,6119716	310,23	202°,36
Vénus . .	116° 6′ 0″	116,10	0,2046979	5,30	121,40
Terre. . .	0°25′ 22″	0,42	$\bar{1}$,9937047	359,55	359,97
Mars . . .	110°22′ 37″	110,38	$\bar{1}$,7193585	4,76	115,14
Jupiter. .	148° 6′ 27″	148,11	$\bar{2}$,9195555	251,15	39,26
Saturne.	284°44′ 29″	284,74	$\bar{2}$,5245216	31,07	315,81
Uranus. .	220° 9′ 57″	220,17	$\bar{2}$,0693504	137,11	357,28
Neptune.	287°54′ 22″	287,91	$\bar{3}$,7772354	69,98	357,89

Appelons :

m_o le moyen mouvement annuel :

On a :

$$m_o = 365,2422\ \mu.$$

Nous désignerons les époques par des décimales.

Ainsi le 1er janvier 1882 sera représenté par 1882,0, le milieu de la même année par 1882,5, etc.

L'époque τ du passage au périhélie aura pour valeur :

$$\tau = 1882 + \frac{360 - \Theta'}{m}$$

et les passages subséquents :

$$\tau_{n-1} = 1882 + \frac{360n - \Theta'}{m}$$

n étant le numéro d'ordre du passage nombre entier.

La durée de révolution sera exprimée par T.

Elle a pour valeur en années :

$$T = \frac{360}{m}$$

de sorte que τ s'exprimera ainsi que suit :

$$\tau = 1882 + T - \frac{\Theta'}{m}$$

Dans le tableau suivant nous avons calculé pour les huit grandes planètes les valeurs de m, T et τ.

PLANÈTES	log m	log T	T	τ
Mercure	3,1745525	$\bar{1}$,3817500	0,24085	1882,11
Vénus...........	2,7672788	$\bar{1}$,7890237	0,61521	1882,41
Terre	2,5562856	0,0000169	1,000039	1882,00
Mars............	2,2819394	0,2743631	1,88089	1883,28
Jupiter..........	1,4821362	1,0741661	11,86222	1892,57
Saturne.........	1,0871025	1,4692000	29,45778	1883,62
Uranus..........	0,6319313	1,9243712	84,01779	1882,63
Neptune.........	0,3398164	2,2164862	164,62136	1882,97

Les autres époques sont :

Pour Jupiter	180,71	1904,43	1916,29.
Pour Saturne	1883,62	1913,08	

Pour obtenir la courbe de

$$\frac{\Delta F}{F_0}$$

du système solaire, il suffit de tracer les courbes de ces quantités pour chaque planète séparément et d'ajouter les ordonnées; on obtient ainsi la courbe résultante cherchée.

Les composantes sont des courbes dites *sinusoïdes* dont les périodes sont limitées aux époques de passage au *périhélie* et dont les amplitudes sont égales à :

$$0,02744 \frac{me}{a}$$

Dans la planche ci-jointe nous avons tracé la courbe des deux grandes planètes Jupiter et Saturne. Ce sont en effet ces deux corps qui déterminent la valeur numérique presque totale des variations de la force vive de notre système tout entier.

Nous avons tracé le commencement de la courbe de Mercure dont l'influence, ainsi qu'on peut s'en rendre compte, est insignifiante.

Enfin, nous avons laissé de côté les autres planètes dont les courbes sont trop secondaires.

Les sinusoïdes de la planche ont été tracées par points suivant la méthode graphique ordinaire.

La courbe résultante cherchée, c'est-à-dire celle qui

représente les variations de la force vive du système solaire, est représentée sur la planche par la courbe limitant les hâchures. Elle est obtenue en additionnant les ordonnées des composantes pour une même abscisse. *L'échelle des ordonnées se rapporte aux parties aliquotes de la force vive moyenne du système solaire.*

Ainsi, au 1er janvier 1882, il est facile de voir que l'élévation de la force vive du système solaire est relativement à sa valeur moyenne :

Pour Jupiter 60 pour mille.

Pour Saturne 14 pour mille.

Pour tout le système 74 pour mille.

La courbe de Mercure représente des ondulations dont les amplitudes atteignent tout au plus un à deux pour mille seulement.

Les plus grandes variations, c'est-à-dire les époques de maxima et de minima, se suivent pour notre système dans l'ordre suivant :

Année	1886-1887	minimum	— 70	pour mille.
»	1892-1893	maximum	+ 73	»
»	1898-1899	minimum	— 92	»
»	1904-1905	maximum	+ 75	»
»	1910-1911	minimum	— 66	»
»	1916-1917	maximum	+ 90	»

Ces variations sont donc considérables, puisqu'entre les minima de l'année 1898-1899 et les maxima de l'année 1916-1917 il y a une différence de 182 pour mille, soit près de 20 %.

Il est donc certain que si des expériences précises et rigoureuses permettent de mesurer g avec continuité, de maintenant jusqu'en 1917, les grandes variations de la

force vive solaire devront impressionner la durée des oscillations du pendule et se traduire par une courbe de la pesanteur *inverse* de celle du système solaire, dans le cas, bien entendu, où la gravitation serait uniquement due à l'action dynamique du milieu cosmique où se meut la matière.

Dans le cas où l'attraction est une propriété essentielle et fondamentale de la matière, on trouvera pour g *une ligne droite,* quels que soient du reste l'importance et le signe de la variation de la force vive de notre système.

Les conclusions numériques auxquelles cette première approximation nous a conduit, nous font vivement désirer de voir la partie expérimentale relative à la mesure de g mise à exécution.

Les procédés d'inscription automatique rendront probablement de grands services dans cette direction.

Si l'on donnait suite à ce projet, il faudrait calculer les variations de la force vive du système solaire avec plus de précision et sommer dans la courbe définitive toutes les influences qu'il est possible d'atteindre par le calcul.

On modifierait la courbe de notre planche, mais nous doutons que les écarts dépassent quatre ou cinq pour cent des résultats obtenus.

COMITÉ SUISSE D'UNIFICATION GÉOLOGIQUE

Séance d'avril 1882.

Dans le numéro des *Archives* de juin 1881, j'ai fait connaître la composition de ce comité, et les propositions qu'il présentait au Congrès géologique de Bologne, relativement aux questions de nomenclature. D'autre part, j'ai rendu compte des résultats généraux du second Congrès géologique international, dans le numéro de décembre passé de cette même Revue, auquel les lecteurs peuvent recourir pour se mettre au courant des antécédents.

Le 22 avril 1882, le comité suisse d'unification géologique se réunissait de nouveau à Berne, au Muséum d'Histoire naturelle, pour discuter les résultats obtenus, et pour voir ce qu'il y aurait à faire ultérieurement en Suisse, en vue de la propagation des principes d'unification géologique, et de la continuation des études internationales. Le comité avait la joie d'être presque au complet. *Présents:* MM. Renevier, président, Heim, secrétaire,

BACHMANN, DE FELLENBERG, JACCARD, MAYER, MULLER, MUHLBERG. M. le prof. A. FAVRE avait fait excuser son absence pour cause d'indisposition.

Après un rapport sommaire du président sur les événements survenus depuis la séance du 30 avril 1881, et en particulier sur le Congrès de Bologne, rapport bien simplifié par les deux comptes rendus sus-mentionnés, le comité reconnut unanimement que le président avait fidèlement reproduit dans ces deux articles des *Archives*, d'une part la manière de voir du Comité suisse, et de l'autre, la physionomie générale du Congrès international.

Procédant ensuite au renouvellement de son bureau, le comité confirma dans leurs fonctions le président et le secrétaire ci-dessus mentionnés.

Les objets principaux à l'ordre du jour de cette séance étaient:

a) La *Carte géologique d'Europe*, et les mesures à prendre pour remplir à cet égard les engagements incombant à la Suisse.

b) Les questions de nomenclature.

c) Les voies et moyens pour populariser en Suisse les principes d'unification géologique.

a. *Carte géologique d'Europe.*

Le congrès de Bologne, après avoir décidé la publication internationale de cette carte, en avait confié l'exécution à une commission composée de MM. Dr E. Beyrich,

professeur à l'Université et Hauchecorne, directeur du geol. Landesanstalt, formant ensemble le Directoire exécutif à Berlin; E. Renevier, professeur à l'Académie de Lausanne, comme secrétaire de la précédente commission des figurés; et de MM. W. Topley, du geological Survey, à Londres; A. Daubrée, membre de l'Académie des sciences, à Paris; F. Giordano, inspecteur général des mines, à Rome; Ed. von Mojsisovics, du k. k. geolog. Reichsanstalt, à Vienne; V. de Mœller, professeur à l'Institut des mines, à Saint-Pétersbourg, pour représenter les cinq grands pays : Angleterre, France, Italie, Autriche, Russie; l'Allemagne l'étant d'ailleurs déjà par le Directoire.

Le Directoire exécutif a passé un contrat avec des éditeurs de Berlin, MM. D. Reimer et C°, qui entreprennent la publication de cette carte dans d'excellentes conditions scientifiques et économiques.

La carte sera à l'échelle du 1 : 1 500 000; et formera un rectangle de 336^{cm} sur 372^{cm}. Elle sera divisée en 49 feuilles (7 × 7), chacune de 48^{cm} sur 53^{cm}. La Suisse occupera le centre d'une de ces feuilles. M. le prof. Kiepert de Berlin s'est chargé de préparer la carte topographique qui servira de base à cette carte géologique. Les différentes feuilles seront coloriées par les comités géologiques des pays respectifs; mais imprimées en couleur sur un type uniforme, d'après la gamme chromatique adoptée par les congrès géologiques internationaux. C'est dire que cette carte présentera toutes les garanties désirables de valeur scientifique, en même temps que de bonne exécution typographique.

Le mode de publication de la carte est aussi très favorable. La maison D. Reimer et C° en entreprend la publication à ses frais, à la seule condition que la Commission

internationale lui garantisse le placement de 900 exemplaires à 100 francs l'exemplaire, et lui fournisse des acomptes par anticipation. Ce prix de souscription, très modique, sera porté plus tard à 125 francs, prix de librairie. La commission internationale a réparti comme suit cette souscription de garantie : chacun des huit grands pays d'Europe s'engage à prendre 100 exemplaires de la carte, tandis que les six petits États se partagent également entre eux les 100 exemplaires restant.

A la suite de ces arrangements, les devoirs suivants incombaient à la Suisse, comme d'ailleurs à chacun des États européens :

1° Fournir une bonne carte topographique pour servir de base aux travaux préliminaires de M. le prof. Kiepert.

2° Fournir le tracé géologique pour notre contrée, sur la carte topographique générale préparée à Berlin, lorsque celle-ci nous sera envoyée.

3° Garantir le placement de 17 exemplaires de la carte entière aux prix de souscription, et payer les acomptes anticipés correspondants.

Le premier point se trouvait déjà réglé. En vue de pourvoir à l'engagement relatif aux travaux topographiques préliminaires, le président du comité s'était adressé au Département fédéral de l'intérieur, qui lui avait obligeamment fourni un exemplaire de la carte suisse au 1 : 250 000, en quatre feuilles. — Après y avoir souligné en rouge les noms présentant un intérêt géologique particulier, le président avait expédié ces quatre feuilles à Berlin. En accusant réception de cet envoi, M. Hauchecorne annonçait que la carte topographique était en bonne voie d'avancement.

Il restait maintenant à pourvoir aux deux autres engagements.

Le Directoire exécutif de Berlin avait préparé une tabelle préliminaire des subdivisions et couleurs à employer dans la carte d'Europe. Ce projet de légende, envoyé au président, fut soumis à une critique consciencieuse au point de vue plus spécial des besoins de la Suisse. Le président fut chargé de communiquer à la commission internationale les observations du comité suisse, et ses désiderata. Il le fera dans les conférences qui auront lieu cet été à Foix (Ariège), à l'occasion de la réunion annuelle de la Société géologique de France.

Quant au tracé géologique de notre région, le Comité y a pourvu, en répartissant ce travail entre ses membres, qui l'exécuteront, chacun pour la partie du pays qui lui est la plus familière, lorsque la feuille topographique servant de base nous aura été envoyée de Berlin.

Le troisième point était plus embarrassant, parce que le comité suisse d'unification ne possède pas de fonds. Toutefois M. le directeur du Département fédéral de l'intérieur nous avait fait espérer que le Conseil fédéral serait sans doute disposé à nous venir en aide dans cette occasion. C'est pourquoi le Comité chargea son président d'entrer en négociations avec ce magistrat, afin d'obtenir du Conseil fédéral qu'il veuille bien payer les acomptes anticipés sur les 17 exemplaires incombant à la Suisse, sauf à être remboursé plus tard, en tout ou en partie, par le comité d'unification, suivant le nombre d'exemplaires que celui-ci aurait pu placer.

Cet arrangement ayant été agréé dès lors par le Conseil fédéral une circulaire fut adressée par le Comité aux gouvernements cantonaux, aux bibliothèques publiques,

aux musées, universités, académies, et à un certain nombre de particuliers, pour les engager à souscrire à la Carte géologique d'Europe. Après avoir fait connaître les conditions générales de cette publication, la circulaire conclut de la manière suivante :

« Nous ferons remarquer que cette carte ou atlas répondra à un besoin vivement senti dans l'enseignement supérieur, en représentant la constitution géologique de tous les pays d'Europe, d'après les observations les plus récentes et suivant une gamme uniforme de couleurs, adoptée par les congrès internationaux. Au bout de quelques années cette carte deviendra classique et indispensable ; heureux alors les établissements publics qui l'auront obtenue au prix de souscription, de beaucoup inférieur au coût des cartes géologiques.

« La livraison de ces feuilles ne pourra pas commencer immédiatement ; ce ne sera probablement qu'en 1884, après le Congrès de Berlin, mais le Directoire exécutif nous fait espérer qu'à partir de ce moment les feuilles se succéderont rapidement, et qu'elles paraîtront toutes d'ici à six ans.

« Le comité suisse s'engage à envoyer les feuilles à nos souscripteurs, au fur et à mesure qu'elles paraîtront, en prenant en remboursement la valeur de 2 fr. 10 par feuille plus les frais d'expédition. »

Cette circulaire, datée du 20 mai 1882, a été expédiée par le Département fédéral de l'intérieur, pour lui donner un cachet d'officialité, et manifester la sanction des autorités fédérales. A l'heure qu'il est, une quinzaine de souscriptions sont déjà assurées, et nous pouvons compter que la Suisse fournira bien au delà de son contingent obligatoire.

b. *Nomenclature géologique.*

Nous pensions qu'outre les résolutions du Congrès de Bologne relatives à la terminologie des cinq ordres de subdivisions géologiques, nous pourrions être nantis de quelques nouvelles études, soit de la commission internationale, soit de quelques comités nationaux au sujet de la nomenclature proprement dite. Mais il n'était parvenu aucune communication nouvelle, ni au président du comité suisse, ni à M. Mayer-Eymar, membre du comité, qui représente la Suisse dans la commission internationale de nomenclature.

En conséquence, nous n'avions autre chose à faire qu'à reprendre nos décisions du 30 avril 1881, pour les mettre en accord avec les résolutions du Congrès, et voir si nous voulions les maintenir telles quelles, comme propositions fermes du comité suisse; puis à pousser plus loin, si possible, dans l'unification de la nomenclature. Les sujets suivants furent donc de nouveau mis en discussion.

1° *Désinences homophones.* — Le Comité unanime persiste dans son désir que chacun des cinq ordres de subdivision puisse être distingué par une désinence particulière attribuée à tous les noms de terrains de cet ordre.

2° *Divisions de 1er ordre.* — Comme terme hiérarchique désignant ces grandes divisions géologiques, le Congrès de Bologne a adopté les expressions de *Groupe,* au point de vue stratigraphique et de *Ère* au point de vue chronologique. Tout en regrettant qu'on n'ait pas préféré au mot *Groupe* celui de *Série,* qui lui paraît avoir un sens

plus extensif, le comité suisse acceptera pour sa part ces expressions si elles sont généralement agréées.

Il proposera d'affecter la désinence homophone... *aire* (allemand... *är*, anglais... *ary*, italien... *ario*) aux noms de ces divisions de premier ordre, et de maintenir l'emploi simultané des deux séries d'appellations en usage pour les trois grandes divisions, mais en affectant, à l'une comme à l'autre, la désinence... *aire* : — *Primaire, Secondaire, Tertiaire*, ou comme synonymes, *Paléozoairé, Mésozoaire, Cénozoaire*.

Quant à la division *Archéenne*, il n'y a pas à se préoccuper de la désinence du nom, puisqu'on ne peut pas préciser à quel ordre elle appartient, et qu'elle peut même être envisagée comme équivalente à l'ensemble des terrains formés pendant les temps organiques.

3° *Divisions de 2me ordre.* — Le comité suisse accepte très volontiers les termes de *Système=Période*, adoptés par le Congrès de Bologne pour ces divisions, termes qui s'accordent d'ailleurs presque exactement avec nos propositions antérieures. Le comité ne demande pas mieux que de laisser au mot de *Terrain* un sens tout à fait général, pour les cas où l'on ne peut pas, ou ne veut pas, préciser la valeur hiérarchique de la subdivision stratigraphique en question.

Le comité suisse maintient les neuf divisions de 2me ordre qu'il avait précédemment proposées, et qui répondent le mieux aux besoins de notre géologie régionale. Il proposera d'affecter uniformément la désinence... *ique* (allemand... *isch*, anglais... *ic*, italien, etc... *ico*) aux noms des terrains de cet ordre, comme l'a suggéré en premier le comité espagnol. Nous espérons qu'on nous suivra dans cette voie, qui nous paraît très avantageuse au point de vue de la méthode et de la clarté.

4° *Divisions de 3me et 4me ordre.* — Une intéressante discussion s'engage sur l'opportunité et la possibilité de chercher à unifier également les divisions géologiques d'ordre inférieur. L'un des membres présents pense qu'il n'y a pas utilité à pousser l'unification au delà des divisions de 2me ordre; que la variabilité de formation et de subdivision des terrains dans différents pays s'y oppose, et que l'adoption d'un *schema* uniforme de subdivisions serait dès lors plus nuisible qu'utile aux progrès de la science. On lui répond qu'il ne s'agit pas d'uniformiser ce qui est variable dans la nature, mais d'établir une *échelle chronologique*, une *commune mesure des temps géologiques,* à laquelle chacun puisse comparer les diverses formations locales ou régionales qu'il étudie; qu'en présence de la tendance actuelle à l'éparpillement des études stratigraphiques, et à la multiplication des dénominations locales, le besoin se fait vivement sentir d'avoir une échelle conventionnelle unique, qui soit connue dans tous les pays, et à laquelle on puisse rapporter les termes innombrables de la stratigraphie locale, comme l'on réduit des fractions quelconques à leur plus petit commun dénominateur, ou mieux encore, en fractions décimales.

A une très forte majorité, le comité adopte cette seconde manière de voir, et décide de s'occuper aussi de l'unification des divisions de 3me ordre (*Séries*=*Époques*) et de 4me ordre (*Étages*=*Ages*). Quant aux divisions de 5me ordre (*Assises*=?) le comité unanime reconnaît qu'elles ne peuvent avoir qu'une valeur locale, et que dès lors, elles échappent entièrement aux procédés d'unification.

Le temps manquant, et le comité suisse se trouvant déjà en avance sur les autres comités nationaux, on ren-

voie à une autre séance toute discussion de détail sur l'unification de ces deux ordres de subdivisions.

Les résultats auxquels le comité suisse est ainsi parvenu peuvent se résumer dans le tableau suivant, qui reproduit avec quelques modifications celui que j'avais donné dans le numéro des *Archives* de juin 1881 (p. 510). J'y inscris, en regard de chaque système ou période les couleurs conventionnelles adoptées par le Congrès de Bologne, et admises unanimement par le Comité suisse. Je supprime seulement celles des deux premières périodes paléozoaires, sur lesquelles on n'est point encore tombé d'accord et qui n'intéressent en aucune manière notre géologie suisse.

	1er ORDRE	2me ORDRE		
	GROUPES = ÈRES	SYSTÈMES = PÉRIODES		
	Désinence : .... *aire.*	Désinence : .... *ique.*	Mono-gram.	Couleur conventionnelle.
Terrains ou Temps organiques.	Tertiaire (3re) ou Cénozoaire.	Pliocénique.	**P**	Jaune pâle.
		Miocénique.	**M**	Jaune vif.
		Eocénique.	**E**	Jaune foncé.
	Secondaire (2re) ou Mésozoaire.	Crétacique.	**C**	Vert.
		Jurassique.	**J**	Bleu.
		Triasique.	**T**	Violet.
	Primaire (1re) ou Paléozoaire.	Carbonique.	**H**	Gris.
		Dévonique.	**D**	?
		Silurique.	**S**	?
	Archéen....................		**A**	Rose.

c. *Popularisation en Suisse des principes d'unification géologique.*

Une double tâche incombe au Comité suisse d'unification. D'abord répandre en Suisse les principes d'unification géologique ; faire connaître les résolutions des Congrès internationaux, et les faire entrer dans nos usages scientifiques. En second lieu représenter la Suisse dans les futurs Congrès et dans les commissions internationales, y faire connaître les postulats de notre géologie suisse, et les préférences de nos géologues.

Pour cette double mission notre Comité se sent trop isolé de l'ensemble des géologues suisses. Pour exercer la première tâche, il n'a que l'influence personnelle de chacun de ses membres, dans les trop rares occasions où nos confrères peuvent se trouver réunis. Quant à la seconde, pour la mieux remplir il faudrait qu'il pût consulter le corps des géologues suisses, et qu'il tînt d'eux son mandat, au lieu d'être, comme jusqu'ici, un comité autonome.

Dans la plupart des pays qui nous environnent il existe un établissement géologique officiel, qui envoie des délégués aux Congrès internationaux. La Suisse n'y a été représentée jusqu'ici que par des délégués bénévoles, qui ne tiraient leur mandat de personne. Quoique notre petite patrie ne puisse pas se plaindre d'avoir eu dans nos Congrès un rôle trop effacé, elle doit désirer pourtant d'y être plus effectivement représentée, et cela indépendamment des circonstances personnelles de tel ou tel,

qui pourrait ne pas être en état de se rendre à ces lointaines convocations. Mais avec nos usages démocratiques, cette délégation doit partir du corps entier des géologues suisses, ou d'un Comité qui les représente.

Ces considérations, et d'autres encore, que nous ne pouvons pas énumérer tout au long, mais qui ressortiront de ce qui suit, nous ont amené à la conviction, que le meilleur moyen d'accomplir notre double mandat, et de donner en même temps dans notre pays un élan à la géologie, était de former ce corps des géologues suisses, qui jusqu'ici a fait défaut.

Ils sont nombreux parmi nous les géologues! Mais trop dispersés, et surtout trop isolés! A part quelques privilégiés ils ne se rencontrent qu'à de rares intervalles; faute d'une organisation suffisante, ils se trouvent noyés au milieu d'une foule d'autres naturalistes, de médecins, de physiciens, de chimistes, dans ces réunions helvétiques, où l'élément festoyant et gastronomique tend par trop à prédominer. Nous voudrions leur donner cette cohésion qui leur manque, et en même temps les stimuler davantage au travail scientifique, soit en sollicitant leur coopération à l'œuvre des Congrès internationaux, soit en les invitant à des excursions plus nombreuses et plus suivies, avec discussion sur le terrain, ainsi que cela a lieu dans les Réunions annuelles de la Société géologique de France.

Serions-nous un trop petit pays pour cela? Mais non! si nous réunissions toutes les forces dispersées! Il existe à nos portes une *Société géologique du Haut-Rhin;* plus loin une *Société géologique de Belgique,* une *Société géologique du Nord* (de la France). Et n'avons-nous pas déjà dans notre patrie une *Société entomologique suisse,* une

Société paléontologique suisse, une *Société Murithienne* (*botanique*) *du Valais* et tant d'autres, dont l'objectif est même moins étendu que le nôtre.

Le Comité suisse d'unification géologique a donc décidé de prendre l'initiative de la fondation d'une *Société géologique suisse.*

Cette société se composera de tous les *géologues, paléontologistes, minéralogistes,* ou simples *amateurs* des sciences géologiques, habitant la Suisse ou s'y rattachant à quelque titre, qui adhéreront aux bases fondamentales suivantes, et s'engageront à payer un droit d'entrée et une cotisation annuelle l'un et l'autre de 5 francs.

Le but de la Société sera :

1° L'étude géologique de la Suisse à tous les points de vue, spécialement par des excursions en commun, accompagnées de discussions sur le terrain, pour se mieux comprendre et s'éclairer mutuellement.

2° La représentation de la Suisse dans les Congrès géologiques internationaux et tout ce qui s'y rapporte.

3° La propagation en Suisse de l'unifications des méthodes géologiques, et la popularisation des vraies notions géologiques dans notre patrie.

Ne voulant point faire concurrence à la Société helvétique des sciences naturelles, mais, au contraire, la vivifier, en ce qui concerne son domaine spécial, la Société géologique fonctionnera comme *section permanente* de la société-mère et aura ses réunions principales pendant les sessions helvétiques des sciences naturelles. Elle pourra néanmoins se réunir en outre, suivant les circonstances, en d'autres lieux et époques.

En revanche la nouvelle Société pourra englober et remplacer le *Congrès des géologues excursionnistes (Feld-*

geologen) fondé à Bex en 1877, dont elle ne sera au fond qu'une extension et une consolidation. D'une manière plus générale elle tendra à centraliser les efforts des géologues suisses, qui sont actuellement trop éparpillés, et manquent de cohésion.

Les moyens de publicité géologique étant heureusement abondants, soit par le fait de nos Sociétés scientifiques générales ou cantonales, soit par celui des recueils périodiques, la Société géologique n'aura pas besoin de créer une publication spéciale, mais elle préférera sans doute soutenir par les travaux de ses membres nos diverses publications actuelles.

La Société géologique sera administrée par un comité, représentant autant que possible les diverses parties de la Suisse, lequel remplacera le *Comité suisse d'unification géologique,* et continuera les relations internationale de celui-ci. Ce Comité fera rapport chaque année, dans la réunion d'été, coïncidant avec la session helvétique.

L'assemblée constitutive qui nommera le premier Comité aura lieu en *septembre prochain* à Linthal. Il y sera présenté un projet de statuts, conforme aux bases fondamentales ci-dessus. Tous les adhérents seront convoqués à cette réunion, à laquelle nous espérons qu'ils viendront en bon nombre.

Une circulaire, en français et en allemand, a été adressée, en date du 25 mai, à tous les géologues suisses qui nous étaient connus. Elle leur fait connaître les bases fondamentales ci-dessus mentionnées, et demande leur adhésion à la nouvelle société. Les réponses arrivent nombreuses, et nous pouvons compter sur la réussite.

Le Comité central de la Société helvétique des sciences naturelles, auquel nous avons communiqué cette circu-

laire, nous a fait savoir par l'organe de son président, M. le prof. Soret, qu'il ne voyait pas d'objection à ce que notre nouvelle société fonctionnât comme section permanente de la Société helvétique des sciences naturelles.

Comme on le voit par ce compte rendu sommaire, dans lequel je suis obligé d'omettre encore bien des points d'un intérêt moins général, cette séance de Berne n'aura point été infructueuse. Voilà nos engagements internationaux remplis, la Carte géologique d'Europe en train, pour ce qui nous concerne, l'unification de la nomenclature commencée, et une Société géologique suisse fondée ! Que les géologues suisses nous accordent maintenant leur concours ! qu'ils viennent en bon nombre à la Session helvétique de Linthal ! et l'année 1882 marquera dans les annales de la géologie suisse.

E. Renevier, prof.

SUR UN CARACTÈRE DE LA BATATE

DONT LA SINGULARITÉ DANS LA FAMILLE DES CONVOLVULACÉES N'A PAS ÉTÉ SUFFISAMMENT REMARQUÉE

PAR

M. Alph. DE CANDOLLE

Tout le monde connaît la racine charnue de la Batate. Rheede, Rumphius et Feuillée en ont donné jadis de bonnes figures, et Turpin une meilleure encore, dans les *Mémoires du Museum*, vol. XIX, p. 1, pl. 5, où il insiste sur ce que les parties renflées que l'on emploie sont des racines, tandis que dans le topinambour et la pomme de terre ce sont la tige ou des rameaux. Ce qui n'a pas été assez remarqué c'est que, dans la famille des Convolvulacées, des tubercules radicaux sont une exception, et que la Batate en est peut-être le seul exemple. En effet, les parties renflées des *Convolvulus Jalapa L. (Batatas Jalapa Choisy), Convolv. pentaphyllus L. (Batatas pentaphylla Choisy), Convolv. Scammonia L., Ipomœa simulans Hanb.* et *I. Purga L.* sont des souches (caudices) ou des rhizomes, comme il est aisé de s'en assurer par les figures dignes de confiance publiées dans divers ouvrages[1]. Je ne m'arrêterai pas à la question de savoir si,

[1] Voir pour le *C. Jalapa*, Desf., Ann. Mus. 2, t. 41; pour le *C.*

dans ces espèces, la partie renflée est le bas de la tige ou la racine principale ou une combinaison des deux, ce qui dépend beaucoup du caractère auquel on s'attache pour distinguer la racine de la tige. Il suffit de constater que dans la Batate les renflements appartiennent à des racines latérales, tandis que dans les autres espèces mentionnées c'est l'axe primaire qui devient un tubercule. Cette différence est liée à d'autres plus considérables.

Les racines de la Batate, *Convolvulus Batatas L.*, *Batatas edulis Choisy*, se composent surtout d'un tissu cellulaire rempli de fécule et ont une saveur sucrée. Les tubercules axiles, au contraire, offrent une complication remarquable de vaisseaux et de cellules qui sécrètent des matières résineuses. La Batate est bonne à manger; les autres tubercules sont éminemment purgatifs, de même que les rhizomes de la Scammonée. Généralement, dans la famille, ce qui appartient en tout ou en partie aux tiges est plus ou moins purgatif, comme les tiges du *Convolvulus sepium* autrefois employées, en sont une preuve. Si Desfontaines avait connu la différence organogénique des tubercules de Convolvulacées, il n'aurait pas terminé son mémoire, d'ailleurs digne d'éloge, de la manière suivante : « Il ne sera pas inutile de remarquer que les

pentaphyllus, Rheede, Malab. XI, t. 49; pour le *C. Scammonia*, Hayne, Arzneigew. XII, t. 35; pour l'*Ip. simulans*, Journ. Linn. soc. XI, t. 2. L'*Ip. Purga*, d'après la planche de Desfontaines, Ann. Mus. 2, t. 41, semble aussi avoir une racine napiforme pourvue dans le haut d'une partie vivace de tige. D'après les figures de Fluckiger et Hanbury, Hist. des drogues, I, p. 122 et de Berg et Schmidt, pl. 5, les tubercules accessoires, plus petits, qui se montrent souvent au-dessus du principal, paraissent constitués uniquement par des racines renflées, semblables extérieurement au tubercule axile Personne, à ma connaissance, n'a suivi la germination de ces plantes de manière à comprendre bien la nature des souches.

Batates, dont les racines sont douces, sucrées et nourrissantes, appartiennent à la même série que les Liserons purgatifs et que si les vertus des plantes suivent en général la loi des rapports naturels, cette loi n'est pas toujours sans exception. » Les Convolvulacées paraissent appuyer, au contraire, la loi que les parties *semblables* ont, dans une même famille des propriétés de même nature.

Les auteurs qui ont décrit et classé les plantes de cette famille ont négligé la considération des tubercules de nature différente, même depuis que l'anatomie des espèces officinales a été faite soigneusement[1] et que les traités en ont parlé[2]. Ils n'en ont tenu compte ni dans les caractères de genres ni dans ceux de subdivisions ou d'espèces. Qu'on adopte le genre Batatas de Choisy, ou qu'on le rejette, comme Meissner et ensuite MM. Bentham et Hooker l'ont fait dans leur *Genera*, le caractère spécial et rare des racines de la Batate, devrait ressortir de quelque façon, et il paraît impossible de laisser la plante immédiatement à côté du Jalap[3].

Dans une monographie nouvelle des Convolvulacées, travail évidemment désirable, on devrait tenir compte des parties souterraines que les modernes ont beaucoup trop négligées. Probablement au moyen des anciens auteurs et des informations qu'on aurait par les voyageurs, on

[1] Ouvrages spéciaux sur les drogues, et Schmitz, *Bot. Zeit.* 1875, p. 678.

[2] M. Duchartre, Éléments de botanique, éd. 2me, p. 376, mentionne la Batate pour ses racines tubéreuses, après avoir distingué diverses catégories de tubercules. Il ne parle pas des autres Convolvulacées. M. Clos, dans son mémoire sur le collet (*Ann. sc. nat.*, série 3, p. 20) a bien distingué les divers tubercules, mais il n'a parlé d'aucune Convolvulacée.

[3] Prod. IX, p. 338.

pourrait constater l'existence de tubercules de telle ou telle nature dans plusieurs espèces autres que celles dont on parle dans les ouvrages sur les plantes officinales. Il faudrait examiner la souche de l'*Ipomœa Turpethum* soit *Turbith*, du *Convolvulus Orizabensis* Pelletan, soit *Jalap fusiforme,* dont les figures publiées ne m'ont pas paru assez claires sous le rapport des tubercules. L'*Ipomœa repanda Jacq.* ou du moins la plante que Grisebach lui rapporte (Fl. brit. W. Ind. 2, p. 472) est la seule espèce, parmi celles dont j'ai lu la description ou vu des figures, qui ressemble peut-être à la Batate. Jacquin ne parle pas de la racine, mais Grisebach dit qu'elle porte « de petits tubercules, » expression qui pourrait signifier des racines latérales renflées ou des bourgeons naissant sur les racines.

Dans la recherche rapide que j'ai faite, il m'est tombé sous les yeux peut-être cinquante figures de Convolvulacées d'après des plantes de jardins. Je n'en ai pas vu une seule dans laquelle la partie souterraine de la plante fût dessinée, ou même décrite dans le texte accompagnant la figure. Il n'est pourtant pas difficile de gratter la terre d'un vase ou d'une plate-bande, pour voir s'il y a un rhizome, une souche tubéreuse ou des racines latérales charnues. C'est un exemple de plus pour montrer à quel point on néglige dans les jardins certaines observations qui avanceraient la science.

L'origine géographique de la Batate est encore un problème. J'ai cherché à le résoudre dans l'ouvrage, actuellement sous presse, intitulé *Origine des plantes cultivées,* pages 42 à 48. La probabilité est en faveur d'une origine américaine, mais il y a des motifs très singuliers pour considérer la question comme douteuse.

OBSERVATION DE M. MEEHAN

SUR LA

VARIABILITÉ DU CHÊNE ROUVRE *(Quercus Robur)*

ET

REMARQUE DE M. ALPH. DE CANDOLLE

I. *Traduction d'un article de M. Meehan*[1].

Lorsque je vins m'établir à Germantown, en Pensylvanie, il y a une trentaine d'années, je remarquai dans la propriété de l'un de mes voisins, Jeremiah Hacker, un pied du *Quercus Robur*, d'Europe, qui donnait des glands. J'ai semé depuis des centaines de graines de cet arbre isolé, et les pieds obtenus ont fructifié. J'ai deux générations fructifères de l'arbre primitif. A la suite de cette expérience, je puis affirmer que le plus souvent une forme en produit une semblable, mais que, de temps en temps, il y a des diversités singulières. Ainsi, un individu peut avoir toutes les feuilles sessiles, et un autre des feuilles avec un pétiole d'un quart de pouce de longueur. J'ai vu des arbres dont les feuilles étaient aussi entières que

[1] Dans *Bulletin of the Torrey botanical Club*, New-York, avril 1882.

celles d'un châtaignier, tandis que d'autres les avaient profondément lobées et presque pinnatifides. Les glands varient. Quelques-uns sont à peine plus longs que larges; d'autres ont une longueur double de la largeur et forment de vrais cylindres. Je n'ai jamais pu découvrir comment ou par quelle cause ces variations se produisent. Il est clair qu'elles ne viennent pas d'hybridité. Évidemment elles sont l'effet d'une force innée (innate power), d'une nature quelconque. Un fait intéressant de ces aberrations est qu'elles sont presque aussi héréditaires que la forme primitive. De temps en temps, comme dans le pied primitif, il y a un écart subit, qui est souvent dans la direction du parent, mais pas toujours. J'en pourrais citer des exemples dans d'autres arbres que ce chêne d'Europe.

La conclusion à laquelle j'ai dû me ranger est que des formes bizarres se voient souvent dans la nature, sans qu'elles proviennent d'hybridité, mais plutôt par une loi intérieure que nous ne connaissons pas encore. Dans les milliers de graines d'un seul arbre, une petite partie lève, et, parmi ces dernières, une faible proportion arrive à donner des fruits. Les pieds semblables à leur producteur sont peut-être cent fois plus nombreux que ceux formant exception, par où l'on comprend pourquoi on observe rarement une réunion de plusieurs individus du même type. De temps à autre, un pied peut se trouver dans une condition favorable à la conservation de beaucoup de ses semis, et à la durée de ces derniers jusqu'à la production de graines. Alors une variété marquée peut naître et faire son chemin dans le monde. Je me suis dit souvent que des individus ayant ces formes produites tout à coup, pourraient amener d'autres formes également nouvelles,

de nature à subsister, et qu'alors on aurait une nouvelle espèce, indépendante de tout principe de sélection naturelle, mais régie surtout par les circonstances extérieures.

II. *Remarque de M. A. De Candolle.*

L'examen de plusieurs centaines d'échantillons du *Quercus Robur*, de Linné, m'avait conduit, en 1862, à distinguer 28 formes spontanées en Europe ou en Asie[1]. Il se présentait souvent des transitions de l'une à l'autre et, dans certains cas, on voyait deux ou trois formes sur le même individu. Je citais plusieurs exemples dans lesquels on avait, sur le même arbre, les deux formes ; *pedunculata* et *sessiliflora*, énumérées par la plupart des auteurs comme des espèces distinctes, et j'étais ainsi revenu, par l'observation minutieuse des faits, à l'opinion de Linné, d'admettre une seule espèce : *Quercus Robur.*

On a objecté que les formes intermédiaires provenaient, peut-être, d'un croisement entre les *Quercus pedunculata* et *sessiliflora*. Si des fécondations croisées ont eu lieu, et si les produits en ont été fertiles, on aurait effectivement, ou l'on pourrait avoir sur le même arbre les formes des deux parents, mais l'hybridité de ces chênes est une pure hypothèse. Il est donc intéressant de savoir que chez un *Quercus Robur*, élevé en Amérique, pays où l'espèce n'existe pas et n'a aucune forme voisine, le mélange des formes a été observé. La variabilité, dans ce cas, ne peut absolument pas s'expliquer par un croisement survenu en Amérique. Si l'on tient absolument à l'idée d'une hybri-

[1] *Étude sur l'espèce*, dans les *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1862, reproduite dans les *Annales des Sciences nat.*, vol. 18; *Prodromus*, vol. XVI, sectio I, p. 4.

dité, on est forcé d'accumuler trois hypothèses : 1° qu'en Europe il y avait eu un croisement; 2° que ses produits hybrides avaient été fertiles; 3° que l'on avait transporté, par hasard, en Amérique, un des pieds hybrides. Cette accumulation d'hypothèses est moins probable qu'une variabilité naturelle par des causes inconnues. J'estime donc la transformation du *Quercus pedunculata* en *sessiliflora* démontrée, et de plus, elle est indépendante, selon toute probabilité, d'un croisement antérieur.

L'observation est digne d'intérêt à cause de l'isolement de l'arbre en Amérique, et de la circonstance rare que M. Meehan a vu trois générations d'une espèce ligneuse, qui ne végète pas promptement. Beaucoup de faits semblables ont été notés pour des plantes annuelles ou vivaces introduites dans les cultures, et personne, ce me semble, ne peut douter que des variations ne proviennent quelquefois sans hybridité. La conclusion de M. Meehan est donc juste, en retranchant seulement ce qu'il dit sur la sélection, car celle-ci doit forcément intervenir pour éliminer ou conserver les formes nouvelles.

NOTE

SUR

LES ÉCHINIDES

RECUEILLIS DANS LES ENVIRONS DE CAMERINO (TOSCANE)

PAR

M. Mario CANAVARI

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 8 juin 1882.)

La colline sur laquelle est construite la ville de Camerino (Toscane), est formée de couches de grès, de marnes, de calcaires marneux, qui appartiennent au terrain miocène, et sont plus ou moins fossilifères, soit à Camerino, soit surtout dans certaines localités des environs, à *Pieveboviglìana,* entre autres et à *Campobonomo.* On y rencontre des débris de poissons, des mollusques en assez petit nombre, en particulier *Terebratula miocenica,* Michelotti, *Ostrea cochlear,* Poli, *Scalaria lamellosa,* Brocchi, mais surtout une grande quantité d'Échinides, M. Canavari a fait une étude approfondie de ces couches, il en a recueilli les fossiles avec beaucoup de soin, et il a bien voulu m'envoyer les Échinides qu'il a rassemblés, en m'engageant à les étudier.

Au-dessous des calcaires marneux miocènes se trouvent des marnes d'un gris bleuâtre, avec des fucoïdes,

remplacées dans certains endroits, par des calcaires à *Nummulites Tchihatscheffi*, d'Arch. ; elles représentent l'éocène. Ces couches ne renferment que des débris d'Échinides indéterminables. Au-dessous, on rencontre la *Scaglia rossa*, qui appartient à la craie supérieure, à l'étage sénonien, dans laquelle M. Canavari a découvert deux espèces d'Oursins, le *Cardiaster italicus*, déjà connu, et une autre, fort remarquable et entièrement nouvelle, appartenant au genre *Offaster* qui compte déjà des espèces dans la Scaglia de Lombardie, mais dont aucune ne rappelle la forme globuleuse et singulièrement renflée de l'*Offaster globulosus*, de Camerino.

Enfin, dans le lias moyen, qui affleure aux environs de Camerino, M. Canavari a découvert une espèce d'Échinide nouvelle et très intéressante, qui paraît devoir être rapprochée des *Cidaris*, tout en présentant des caractères particuliers, entre autres un péristome d'une petitesse relative extraordinaire.

Les Échinides constituent, ainsi qu'il a été dit, la très grande partie de la faune miocène de la localité qui nous occupe. Les espèces ne sont pas très nombreuses, mais plusieurs d'entre elles foisonnaient, et on pourrait, dit M. Canavari, en recueillir des centaines d'échantillons, la plupart, à la vérité, déformés et mal conservés. Les espèces que j'ai pu déterminer avec certitude sont au nombre de dix, dont voici l'énumération :

Cidaris camerinensis, P. de Loriol.
Cidaris cfr. rosaria, Bronn.
Echinolampas angulatus, Mérian.
Echinolampas Contii, P. de Loriol.
Echinanthus camerinensis, P. de Loriol.
Cleisthechinus italicus, P. de Loriol.

Linthia Capellinii, P. de Loriol.
Hemiaster Canavarii, P. de Loriol.
Brissopsis Ottnangensis, Hœrness.
Spatangus Canavarii, P. de Loriol.

Sept de ces espèces sont nouvelles, ce qui est un fait extraordinaire, car, bien que les Échinides des dépôts miocènes aient été, jusqu'ici, relativement assez peu étudiés, on en connaît cependant déjà un bon nombre d'espèces.

L'une de celles qui sont les plus communes à Camerino, l'*Echinolampas angulatus*, Mérian, n'avait pas encore été figurée ; mais j'ai pu comparer les types de l'espèce conservés au musée de Bâle. Elle est, paraît-il, très abondante, et M. Canavari m'en a envoyé une série, qui m'a permis de reconnaître des différences très marquées dues au degré de développement des exemplaires et, aussi, à certaines variations individuelles qui, au premier abord, semblent assez importantes pour faire distinguer deux espèces. On reconnaît cependant bientôt que ces individus, au premier abord si dissemblables, sont reliés par des caractères communs, de première valeur, et par des passages graduels insensibles qui permettent de rattacher, sans peine, les extrêmes des variations observées. Les exemplaires originaux de l'*Echinolampas angulatus*, proviennent du miocène du département de la Drôme. Une autre espèce à mentionner est le *Brissopsis Ottnangensis*, Hœrness, qui abonde, surtout dans une petite localité près de Camerino, à *Ponti*, et qui se recueille aussi en grande abondance à *Ottnang*, en Autriche, dans une formation miocène assez particulière qui a reçu le nom de *Schlier*. Les exemplaires de cette espèce, suffisamment bien conservés, sont d'une grande rareté, car, bien

qu'ils soient si abondants dans ces deux localités, presque tous sont brisés et écrasés; M. Hœrness annonce en avoir recueilli 600 à Ottnang; à Ponti on les trouve aussi par centaines. Un grand *Spatangus*, nouveau, très déprimé, caréné en arrière au milieu de sa face supérieure, est encore une des espèces intéressantes des couches miocènes. Une petite espèce enfin, très remarquable, a donné lieu à l'établissement d'un genre nouveau, le genre, *Cleisthechinus*, caractérisé par une forme oblongue, cylindroïde, sans sillon antérieur, avec des ambulacres composés de pores très rares, tout à fait microscopiques, et deux pores génitaux seulement. Cette espèce est encore incomplètement connue, parce que presque tous les exemplaires sont défectueux, mais elle ne saurait être confondue avec aucune des espèces fossiles, et se rapproche plutôt de certaines espèces vivantes que les travaux du *Challenger* ont fait connaître.

Cette faune miocène de Camerino présente, comme on le voit, un véritable intérêt et mérite d'être étudiée monographiquement pour être comparée à celles d'Ottnang, des environs de Bologne, et de quelques autres localités, dont les espèces ont été décrites par MM. Hœrness, Manzoni, Laube, etc.

P. DE LORIOL.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

Dr Siemens. On the Conservation of Solar Energy. Sur la conservation de l'énergie du Soleil. (*The Observatory*, n° 61, p. 146.)

Une communication a été faite le 2 mars écoulé, par M. Siemens à la Société Royale de Londres, sur le maintien de la capacité lumineuse et calorifique du soleil, fondée sur les principes suivants.

Une première supposition nécessaire pour justifier le renouvellement incessant de la chaleur solaire doit être l'existence dans l'espace stellaire de substances gazeuses très raréfiées, renfermant hydrogène, oxygène, azote, carbone et leurs composés, outre des matières solides sous forme de poussière. Les planètes attirant probablement vers elles les gaz les plus lourds, l'hydrogène et ses composés prédomineraient dans l'espace. La difficulté d'assigner une limite à une atmosphère gazeuse, le grand volume des gaz trouvés absorbées dans les météorites, la forte proportion d'hydrogène trouvée, comparée à celle des autres gaz, et le fait que les noyaux de comète paraissent contenir en grande partie les mêmes gaz que les météorites, sont autant de circonstances invoquées en faveur de cette hypothèse.

Une seconde hypothèse présente le soleil agissant mécaniquement sur la matière cosmique, à la façon d'un éventail, en raison de sa grande rapidité de rotation, qui dépasse 2 kilomètres par seconde à son équateur. « Par cette action soufflante, dit l'auteur, l'hydrogène, les hydrocarbures et l'oxygène doivent être chassés en quantités énormes vers les régions polaires du soleil. Pendant leur trajet ils doivent pas-

ser graduellement d'une condition d'extrême ténuité et d'extrême froid, à un état de compression, accompagné d'une grande élévation de température, jusqu'à ce que, approchant de la photosphère, ils s'enflamment, donnant lieu à un grand développement de chaleur et à une température comparable à leur point de dissociation, à la densité solaire. Le résultat de leur combustion sera de la vapeur d'eau et des gaz carbonés anhydres ou oxydés, suivant l'existence suffisante ou non de l'oxygène pour compléter cette combustion, dont les produits, cédant à l'influence de la force centrifuge, afflueront vers l'équateur solaire et de là seront projetés dans l'espace. »

M. Siemens présume que ces produits de la combustion, ainsi rendus à l'espace, pourront subir une dissociation aux dépens de l'énergie solaire, supposée perdue jusqu'ici pour notre système planétaire. Ses expériences l'ont conduit à croire qu'en tout cas la vapeur d'eau, sinon d'autres composés, peut fort bien être dissociée par la radiation solaire si la vapeur est à une pression très basse. Supposant la chose ainsi, « la vapeur dissociée dans l'espace aujourd'hui, sous l'action soufflante, résultant de la rotation du soleil, serait chassée demain du côté des surfaces polaires du soleil, réchauffée en augmentant de densité et s'enflammerait au moment où densité et température auraient atteint le degré nécessaire à la combustion, chaque cycle complet de cette transformation pouvant prendre des années pour s'accomplir. »

Dans cette théorie, la lumière zodiacale est simplement un grand disque raplati de matière projetée autour de l'équateur du soleil. Sa luminosité est la conséquence de la réflexion solaire sur des particules de poussière en suspension dans ce milieu. Ces particules sont peut-être électrisées par leur friction avec les gaz, en sorte que de lentes décharges électriques rebroussant des poussières vers le soleil pourraient aussi expliquer la lumière zodiacale.

Les conditions fondamentales de la théorie de M. Siemens sont résumées par lui comme suit :

1° « Des vapeurs aqueuses et des composés de carbone « sont répandus dans l'espace stellaire ou interplanétaire.

2° « Ces composés gazeux sont susceptibles d'être disso-
« ciés par une action rayonnante du soleil, pendant qu'ils
« sont dans un état d'excessive ténuité.

3° « Ces vapeurs dissociées sont capables d'être compri-
« mées dans la photosphère solaire par un procédé d'échange
« avec une quantité analogue de vapeurs réassociées, cet
« échange étant effectué sous l'action centrifuge du soleil
« lui-même.

« Si ces conditions pouvaient être confirmées, nous aurions
« la satisfaction de penser que notre système ne nous lais-
« serait pas plus longtemps l'impression d'une immense
« déperdition d'énergie dans l'espace ; mais plutôt d'une
« action bien coordonnée, s'entretenant elle-même, et capa-
« ble de perpétuer jusqu'à l'avenir le plus éloigné les bien-
« faits de la radiation solaire. » E. G.

PHYSIQUE

A.-E. NORDENSKIÖLD. OBSERVATIONS DE L'AURORE BORÉALE FAITES PAR L'EXPÉDITION DE LA VEGA, DANS L'HIVER 1879. (*The voyage of the Vega round Asia and Europe*, IIe volume, p. 37, traduit de l'anglais.)

Dans le récit du voyage de la *Vega* qui forme deux beaux volumes avec de nombreuses figures et cartes et qui a été traduit récemment en anglais, M. Nordenskiöld fait une description sommaire du phénomène de l'aurore boréale tel qu'il lui est apparu dans la région avoisinant le détroit de Behring. Nous reproduisons ici cette portion de son ouvrage nous réservant s'il y a lieu de revenir avec plus de détails sur ce sujet, lorsque nous aurons eu sous les yeux les mémoires scientifiques de l'expédition de la *Vega*.

« Plusieurs gravures insérées dans le texte représentent les apparences différentes qu'a affectées l'aurore boréale dans le détroit de Behring, en 1878-79. Nous ne l'avons jamais vue dans ces contrées sous l'apparence de magnifiques rubans ou de draperies lumineuses qu'elle présente si fréquemment en Scandinavie, mais seulement comme des arcs

lumineux semblables à un halo et qui restaient heure après heure et jour après jour dans la même position. Quand le ciel n'est pas voilé par les nuages et que la faible lumière de l'aurore ne disparaît pas devant l'éclat des rayons du soleil ou de la pleine lune, ces arcs paraissent généralement entre huit et neuf heures du soir et sont visibles sans interruption au milieu de l'hiver jusqu'à six et plus tard dans la saison jusqu'à trois heures du matin. Il suit de là que l'aurore, même dans une année où elle est à son minimum, *est un phénomène naturel permanent.* La position presque fixe des arcs a de plus permis de prendre un grand nombre de mesures de leur hauteur, largeur et position dont je crois pouvoir tirer les conclusions suivantes : notre globe est orné, même dans les années minima d'aurores, d'une couronne lumineuse simple, double ou multiple presque constante, dont le bord intérieur est situé à une hauteur d'environ 200 kilomètres ou 0,03 du rayon terrestre au-dessus de la surface de la terre; le centre de cette couronne lumineuse, « le pôle de l'aurore, » est un peu au-dessous de la surface de la terre, un peu au nord du pôle magnétique et que le diamètre de cette couronne étant de 2,000 kilomètres, soit 0,3 du rayon terrestre elle s'étend sur un plan perpendiculaire à ce rayon qui en touche le centre.

J'ai appelé cette couronne lumineuse *la gloire de l'aurore*, à cause de sa forme et de sa ressemblance avec les auréoles qui entourent les têtes des saints. Cette aurore boréale en forme de couronne est à l'aurore de Scandinavie en forme de rayons ou de draperies ce que sont aux vents orageux et irréguliers du nord, les vents alizés et moussons du sud. La lumière de la couronne elle-même n'est jamais en rayons, mais ressemble à celle qui traverse un verre noirci. Quand l'aurore est plus forte, la dimension de la couronne lumineuse change; on voit des arcs doubles ou multiples qui sont généralement dans le même plan et ont un centre commun avec des rayons qui vont d'un arc à l'autre. On voit rarement des arcs placés irrégulièrement les uns par rapport aux autres ou se croisant.

L'espace dans lequel les arcs communs sont visibles est

compris entre deux cercles qu'on pourrait tracer sur la terre, dont le pôle de l'aurore serait le centre et qui auraient des rayons de 8° et de 28° mesurés sur la circonférence du globe. Il touche seulement dans une petite partie aux contrées habitées par des peuples d'origine européenne (la partie la plus septentrionale de la Scandinavie, l'Irlande, le Groënland danois) et même au milieu de cet espace il y a une bande qui passe par le centre du Groënland, le sud du Spitzberg et la terre de François-Joseph, où l'arc commun forme seulement un faible voile lumineux très étendu au zénith et n'est peut-être visible que pendant l'obscurité de l'hiver, étant très affaibli dans cette partie. Cette bande sépare la région où ces arcs lumineux sont vus principalement au sud de celle où ils sont vus principalement au nord. Dans la partie la plus rapprochée du pôle de l'aurore on ne voit que les plus petites couronnes lumineuses et dans le milieu de la Scandinavie, au contraire, les plus grandes et les plus irrégulières. Mais dans cette dernière région, comme dans le sud de l'Amérique, les orages d'aurores et les aurores en rayons ou en draperies sont au contraire communes et semblent être plus rapprochées de la surface de la terre que l'aurore en arc. La plupart des expéditions polaires ont hiverné si près du pôle de l'aurore que l'*aurore permanente en arc* était là au-dessous ou tout près de l'horizon, et comme l'aurore en rayons ne paraît pas se produire fréquemment dans ces limites on comprend facilement pourquoi les nuits aux quartiers d'hiver de ces expéditions étaient si rarement illuminées par l'aurore et pourquoi la description de ce phénomène tient si peu de place dans leurs récits de voyages. »

CHIMIE

K. Heumann. Pourquoi la flamme du bec de Bunsen n'est pas lumineuse. (*Berichte*, XIV, 2210, Zurich.)

Heumann maintient, contre les assertions de Blochmann, l'influence de l'azote à côté de celle de l'oxygène. Soit par le fait qu'il dilue le gaz, soit parce qu'il le refroidit.

A. Sarauw. Action du phosgène sur les corps diazoamidés. (*Berichte*, XIV, p. 2442, Zurich)

L'auteur a traité d'abord la diazobenzolanilide et a obtenu une substance assez instable qui, décomposée par l'eau, donne de l'amidobenzol (127°), du phénol, et de la carbanilide; donc la formule du corps primitif serait

$$
\begin{array}{l}
\qquad\quad C_6H^5 \\
\qquad\ / \\
\quad\ N \\
\ \ / \quad \backslash \\
/ \qquad N{=}N{-}C_6H_5 \\
C{=}O \\
\backslash \qquad\ N{=}N{-}C_6H_5 \\
\ \ \backslash \quad / \\
\quad\ N \\
\qquad \backslash \\
\qquad\quad C_6H_5
\end{array}
$$

combiné probablement avec 2 molécules d'HCl.

Le phosgène et la paradiazotoluolanilide donnent aussi un corps instable qui, décomposé par l'eau, fournit du phénol et de la paraditolylurée $CO\begin{array}{l} / NHC_7H_7 \\ \backslash NH_7C_7 \end{array}$.

La diazobenzolparatoluidide donne les mêmes produits de décomposition ; la formule du corps primitif doit donc être

$$
\begin{array}{l}
\qquad\quad C_6H_4CH_3 \\
\qquad\ / \\
\quad\ N \\
\ \ / \quad \backslash \\
/ \qquad NNC_6H_5 \\
CO \\
\backslash \qquad NNC_6H_5 \\
\ \ \backslash \quad / \\
\quad\ N \\
\qquad \backslash \\
\qquad\quad C_6H_4CH_3
\end{array}
$$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de MAI 1882

Le 3, forte rosée le matin ; à 6 h. 40 m. du soir, éclairs et tonnerres au SSO. et à l'O. ; l'orage passe le long du Jura.
7, hâlo solaire à 8 h. du matin ; le soir de 5 à 6 h. éclairs et tonnerres.
8, éclairs et tonnerres au SO. le soir.
9, forte bise tout le jour.
10, id. ; elle tombe vers 7 h. du soir.
12, hâle le soir.
14, forte bise tout le jour.
15, id.
16, très forte bise tout le jour.
17, id.
18, id. ; elle tombe pendant la nuit.
21, 3 h. soir tonnerres au SO.
22, de 6 à 7 h. du soir éclairs et tonnerres au S. et à l'O.
23, pluie mélangée de grêle à 1 $^1/_2$ h. ; tonnerres.
27, hâlo lunaire.
28, rosée le matin.
29, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin	728,54	Le 4 à 6 h. matin	720,38
6 à 8 h. matin	726,74	7 à 4 h. soir	721,05
10 à 8 h. matin	735,95	15 à 4 h. soir	721,97
18 à 6 h. matin	731,24	20 à 4 h. soir	721,77
21 à 10 h. soir	727,77	24 à 6 h. matin	720,21
28 à 6 h. matin	732,87	31 à 6 h. soir	726,37

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	726,19	+ 1,24	+10,54	— 0,52	+ 8,7	+14,0	8,58	+1,77	908	+214	660	1000	15,0	8	variable	1,00	+8,3	— 1,8	114,0
2	727,59	+ 2,61	+11,19	— 0,02	+ 8,8	+15,4	8,60	+1,72	878	+183	620	1000	14,8	7	N. 1	0,42	8,5	— 1,7	116,0
3	723,81	— 1,21	+13,28	+ 1,93	+ 7,0	+20,4	9,33	+2,38	809	+114	550	990	0,4	1	N. 1	0,29	9,7	— 0,6	119,0
4	721,67	— 3,39	+12,09	+ 0,69	+ 8,7	+19,6	9,18	+2,16	881	+186	620	970	15,2	11	SO. 1	0,97	9,3	— 1,1	119,1
5	724,86	— 0,24	+11,56	— 0,08	+ 8,3	+15,4	7,70	+0,61	764	+ 69	520	910	...	...	N. 1	0,66	9,1	— 1,4	125,0
6	726,13	+ 0,99	+12,91	+ 1,13	+ 9,8	+20,8	8,82	+1,66	813	+117	400	950	...	...	N. 1	0,68	11,3	+ 0,6	129,0
7	723,05	— 2,13	+13,95	+ 2,02	+ 9,8	+20,5	9,36	+2,13	806	+110	500	980	13,2	5	variable	0,70	...	....	135,7
8	725,39	+ 0,17	+12,85	+ 0,78	+11,0	+17,5	10,13	+2,83	927	+231	700	1000	6,3	7	variable	0,94	12,6	+ 1,7	134,5
9	733,07	+ 7,81	+ 9,86	— 2,35	+ 6,7	+13,2	5,21	—2,16	597	—100	420	820	...	...	N. 2	0,41	11,3	+ 0,3	138,8
10	735,30	+ 9,99	+10,90	— 1,46	+ 5,1	+16,8	5,70	—1,75	604	— 93	310	760	...	...	NNE. 2	0,06	12,0	+ 0,9	140,5
11	733,42	+ 8,07	+13,58	+ 1,08	+ 5,7	+20,0	7,54	+0,02	651	— 46	430	850	...	...	N. 1	0,00	12,4	+ 1,2	142,2
12	730,59	+ 5,20	+17,36	+ 4,72	+ 7,9	+25,8	8,57	+0,98	599	— 99	290	840	...	...	variable	0,06	13,0	+ 1,7	142,0
13	729,19	+ 3,75	+17,42	+ 4,64	+10,3	+24,1	9,36	+1,70	639	— 59	380	860	...	...	N. 1	0,09	12,9	+ 1,4	140,8
14	725,27	— 0,21	+12,85	— 0,07	+10,6	+17,0	5,91	—1,83	553	—146	440	560	...	...	N. 2	0,07	...	.....	139,0
15	722,79	— 2,74	+ 9,14	— 3,93	+ 5,0	+12,8	4,55	—3,26	542	—157	430	590	...	...	NNE. 3	0,07	13,3	+ 1,6	141,0
16	726,14	+ 0,57	+ 7,83	— 5,38	+ 5,0	+11,5	4,57	—3,31	599	—101	440	660	...	...	NE. 3	0,26	12,6	+ 0,8	140,6
17	729,81	+ 4,19	+ 7,93	— 5,42	+ 5,1	+11,7	4,42	—3,53	576	—124	430	660	...	...	NNE. 3	0,23	12,2	+ 0,3	140,0
18	729,44	+ 3,78	+ 8,73	— 4,76	+ 3,1	+13,0	4,56	—3,46	561	—139	380	790	...	...	NNE. 3	0,00	12,0	— 0,1	136,0
19	725,74	+ 0,03	+ 9,61	— 4,01	+ 2,3	+15,7	5,30	—2,79	601	—100	380	810	...	...	N. 1	0,23	12,0	— 0,2	132,2
20	722,12	— 3,63	+11,55	— 2,21	+ 8,6	+17,0	6,75	—1,41	670	— 31	520	770	...	...	variable	0,90	12,3	0,0	129,5
21	725,16	— 0,64	+15,01	+ 1,11	+10,4	+22,7	8,71	+0,48	701	— 1	390	860	...	...	variable	0,70	...	.. ..	126,0
22	725,22	— 0,62	+15,22	+ 1,19	+10,0	+22,3	8,84	+0,54	706	+ 4	430	960	1,5	1	variable	0,53	12,8	+ 0,3	125,2
23	722,41	— 3,48	+12,24	— 1,93	+ 9,0	+21,3	9,10	+0,73	858	+156	580	940	6,5	5	variable	0,78	13,0	+ 0,3	124,0
24	720,75	— 5,18	+12,16	— 2,14	+ 9,2	+16,9	8,77	+0,33	831	+128	550	990	1,6	4	variable	0,78	12,4	— 0,4	124,5
25	722,96	— 3,02	+13,59	— 0,85	+ 6,1	+20,9	8,84	+0,33	748	+ 45	560	930	...	...	variable	0,88	12,7	— 0,2	121,0
26	728,50	+ 2,48	+12,84	— 1,73	+11,1	+16,8	10,51	+1,93	948	+245	720	990	13,6	9	N. 1	0,72	12,5	— 0,5	124,3
27	732,11	+ 6,04	+13,98	— 0,72	+ 8,2	+18,7	10,08	+1,43	838	+134	620	1000	0,1	...	N. 1	0,57	12,4	— 0,7	126,2
28	731,69	+ 5,58	+18,03	+ 3,20	+10,3	+25,0	11,82	+3,10	753	+ 49	540	920	...	...	variable	0,42	...	.....	123,0
29	732,19	+ 6,03	+19,91	+ 4,95	+13,7	+27,0	12,15	+3,36	707	+ 3	480	920	...	...	variable	0,67	13,3	— 0,1	123,0
30	729,36	+ 3,16	+21,55	+ 6,46	+15,1	+27,8	13,06	+4,21	686	— 18	510	920	...	...	variable	0,60	15,3	+ 1,8	127,4
31	727,24	+ 0,99	+19,65	+ 4,44	+14,7	+24,8	10,34	+1,42	622	— 82	400	770	..	...	variable	0,22	14,3	+ 0,7	124,5

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1882.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,48	726,82	726,89	726,62	726,40	726,17	726,41	727,07	727,18
2e »	728,38	728,20	727,83	727,29	726,74	726,34	726,25	726,67	727,03
3e »	727,35	727,29	727,15	726,77	726,40	726,38	726,89	727,38	727,74
Mois	727,40	727,43	727,29	726,89	726,51	726,30	726,53	727,05	727,33
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+10,02	+11,90	+13,07	+14,50	+15,28	+15,59	+13,89	+11,87	+10,76
2e »	+ 8,28	+10,64	+12,54	+13,81	+15,93	+16,18	+15,08	+12,74	+11,09
3e »	+12,30	+15,22	+17,28	+18,87	+19,57	+19,87	+19,60	+16,86	+14,75
Mois	+10,26	+12,67	+14,39	+15,83	+17,01	+17,30	+16,30	+13,92	+12,28
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	8,44	7,98	8,33	8,33	8,10	7,85	8,46	8,63	8,50
2e »	5,94	6,09	5,94	6,16	6,04	5,80	6,28	6,73	6,65
3e »	9,88	10,24	10,32	10,36	10,53	10,18	9,77	10,31	10,51
Mois	8,14	8,17	8,27	8,35	8,30	8,01	8,22	8,62	8,62
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	910	766	740	675	625	603	717	829	873
2e »	711	620	523	501	436	421	477	594	659
3e »	920	789	704	642	636	602	581	713	834
Mois	849	727	657	607	568	544	591	712	790

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 8,39	+ 17,36	0,61	+ 10,23	64,9	127,16
2e »	+ 6,36	+ 16 86	0,19	+ 12,52	—	138,27
3e »	+ 10,71	+ 22,20	0,62	+ 13,19	23,3	124,46
Mois	+ 8,56	+ 18,92	0,48	+ 11,98	88,2	129,79

Dans ce mois, l'air a été calme 0,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,92 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 19°,7 E. et son intensité est égale à 63,06 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1882.

Le 1er, neige, brouillard, fort vent du SO qui tombe pendant la nuit.
2, neige, brouillard depuis midi.
3, brouillard tout le jour, excepté un intervalle à midi; fort vent du SO.
4, neige, fort vent du SO.; pluie abondante dans la nuit du 3-4 : 30 mm.
5, neige, brouillard pendant une partie de la journée et le soir.
6, neige, brouillard.
7, neige, qui fondait à l'instant et qui n'a pu être mesurée qu'en partie.
8, neige, brouillard pendant une partie de la journée.
9, neige, brouillard par une forte bise.
10, forte bise toute la journée.
14, brouillard depuis 4 h. du soir; à 10 h. du soir, éclairs au SO.
15, brouillard par intervalles.
16, neige, brouillard, forte bise depuis midi.
17, neige, brouillard, forte bise toute la journée.
19, neige pendant la nuit du 18-19.
20, neige, brouillard le soir.
23, neige pendant la nuit du 22-23; elle fondait à l'instant et n'a pas pu être recueillie; à 3 h. du soir orage et grêle.
24, neige, brouillard.
26, neige fondant à l'instant.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 6 h. matin	564,52
Le 3 à midi	567,39		
		5 à 8 h. matin	561,23
6 à 10 h. soir	565,46		
		7 à 6 h. soir	562,71
11 à 2 h. soir	571,72		
		15 à midi	558,32
17 à 10 h. soir	564,54		
		20 à 10 h. matin	560,40
21 à 10 h. soir	566,22		
		24 à 10 h. matin	559,34
29 à 10 h. soir	575,01		
		31 à 6 h. soir	568,03

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	565,60	+ 2,88	564,52	566,24	— 1,16	+ 0,27	— 1,2	0,0	100	12,8	....	SO.	2	1,00
2	566,35	+ 3,53	565,42	567,08	+ 0,16	+ 1,44	— 1,2	+ 3,0	120	13,4	....	SO.	1	1,00
3	566,78	+ 3,86	566,19	567,39	+ 1,39	+ 2,53	0,0	+ 3,2	.....	.....	....	SO.	2	0,97
4	563,00	— 0,02	561,72	564,42	+ 0,29	+ 1,29	— 0,2	+ 2,3	200	62,0	....	SO.	2	1,00
5	563,15	+ 0,04	561,23	564,72	+ 0,68	+ 1,54	— 2,7	+ 3,7	250	23,1	....	SO.	1	0,68
6	565,05	+ 1,85	564,40	565,46	+ 1,18	+ 1,90	+ 0,1	+ 3,5	.....	.....	....	SO.	1	0,87
7	563,42	+ 0,12	562,71	564,42	+ 1,35	+ 1,93	+ 0,1	+ 4,4	60	10,8	....	SO.	1	0,94
8	563,90	+ 0,50	562,33	565,68	— 0,88	— 0,44	— 1,7	+ 1,3	80	17,0	....	NE.	1	0,98
9	566,21	+ 2,71	565,33	568,09	— 5,74	— 5,44	— 7,0	— 4,0	120	10,5	....	NE.	3	0,96
10	570,00	+ 6,40	568,20	571,03	— 1,58	— 1,42	— 7,7	+ 2,7	.....	.....	....	NE.	2	0,12
11	571,26	+ 7,57	570,82	571,72	+ 5,96	+ 5,98	+ 0,3	+11,4	.....	.....	....	NE.	1	0,00
12	570,76	+ 6,97	570,62	570,88	+ 7,07	+ 6,95	+ 3,0	+11,6	.....	.....	....	NE.	1	0,10
13	569,08	+ 5,19	568,09	569,80	+ 5,70	+ 5,44	+ 2,1	+ 8,6	.....	.....	....	NE.	2	0,39
14	563,10	— 0,89	561,83	565,33	+ 2,29	+ 1,89	+ 0,1	+ 5,5	.....	.....	....	NE.	1	0,60
15	558,80	— 5,29	558,32	559,46	— 2,68	— 3,21	— 4,8	+ 1,2	.....	.....	....	NE.	1	0,73
16	560,44	— 3,74	559,30	561,96	— 6,23	— 6,89	— 7,3	— 3,3	30	2,0	....	NE.	2	0,99
17	563,36	— 0,92	562,06	564,54	— 6,67	— 7,47	— 9,2	— 3,5	20	2,0	....	NE.	2	0,92
18	563,59	— 0,79	563,26	563,88	— 4,91	— 5,84	— 9,3	— 1,5	.....	.....	....	NE	1	0,34
19	562,26	— 2,22	561,48	562,73	— 1,70	— 2,76	— 7,3	+ 2,6	30	14,0	....	NE.	1	0,43
20	560,90	— 3,67	560,40	562,15	— 2,66	— 3,85	— 5,3	+ 0,2	40	5,0	....	SO.	1	0,97
21	564,63	— 0,03	563,02	566,22	+ 2,93	+ 1,61	— 0,9	+ 8,0	20	7,0	....	NE	1	0,67
22	565,09	+ 0,33	564,48	565,62	+ 4,79	+ 3,34	+ 0,1	+ 9,7	.....	.....	....	NE.	1	0,53
23	562,68	— 2,18	562,11	563,77	+ 2,82	+ 1,24	+ 0,5	+ 6,1	.....	7,4	....	SO.	1	0,88
24	560,27	— 4,68	559,34	562,33	+ 0,73	— 0,98	— 0,6	+ 3,0	80	15,5	....	SO.	1	0,98
25	564,58	— 0,46	562,44	566,52	+ 2,08	+ 0,25	— 1,1	+ 6,0	.....	16,4	....	SO.	1	0,77
26	568,49	+ 3,36	566,78	570,53	+ 1,88	— 0,07	+ 1,0	+ 3,9	.....	14,8	....	SO.	1	0,82
27	571,94	+ 6,71	570,84	572,85	+ 6,54	+ 4,47	+ 2,8	+ 9,8	.....	.....	....	SO.	1	0,34
28	573,69	+ 8,37	573,11	574,03	+ 8,22	+ 6,03	+ 5,4	+11,4	.....	.....	....	SO.	1	0,49
29	574,77	+ 9,36	574,20	575,01	+ 9,39	+ 7,08	+ 6,4	+13,0	.....	.....	....	SO.	1	0,39
30	572,75	+ 7,25	570,63	574,31	+10,42	+ 7,99	+ 8,0	+13,0	.....	.....	....	SO.	1	0,41
31	568,66	+ 3,07	568,03	570,12	+ 8,45	+ 5,90	+ 6,6	+11,9	.....	.....	....	SO.	2	0,22

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1882.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	564,77	564,85	565,18	565,37	565,43	565,41	565,49	565,73	565,89
2e »	564,36	564,26	564,32	564,35	564,32	564,35	564,24	564,50	564,50
3e »	567,63	567,73	567,87	567,93	567,81	567,81	568,03	568,31	568,50
Mois	565,65	565,68	565,86	565,95	565,92	565,92	565,99	566,25	566,37
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 1,41	— 0,84	+ 0,29	+ 1,44	+ 1,35	+ 1,03	+ 0,44	— 0,02	— 0,41
2e »	— 3,19	— 1,05	+ 1,27	+ 2,73	+ 2,63	+ 2,07	+ 0,54	— 0,99	— 1,69
3e »	+ 2,80	+ 4,81	+ 6,40	+ 7,78	+ 8,35	+ 7,89	+ 6,07	+ 4,96	+ 4,35
Mois	— 0,49	+ 1,10	+ 2,77	+ 4,11	+ 4,25	+ 3,80	+ 2,47	+ 1,44	+ 0,86

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 2,15	+ 2,01	0,85	149,6	930
2e »	— 3,77	+ 3,28	0,55	23,0	120
3e »	+ 2,56	+ 8,71	0,59	61,1	100
Mois	— 1,00	+ 4,80	0,66	233,7	1150

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,93 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 5,4 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME SEPTIÈME (3me PÉRIODE)

1882. — Nos 1 à 6.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

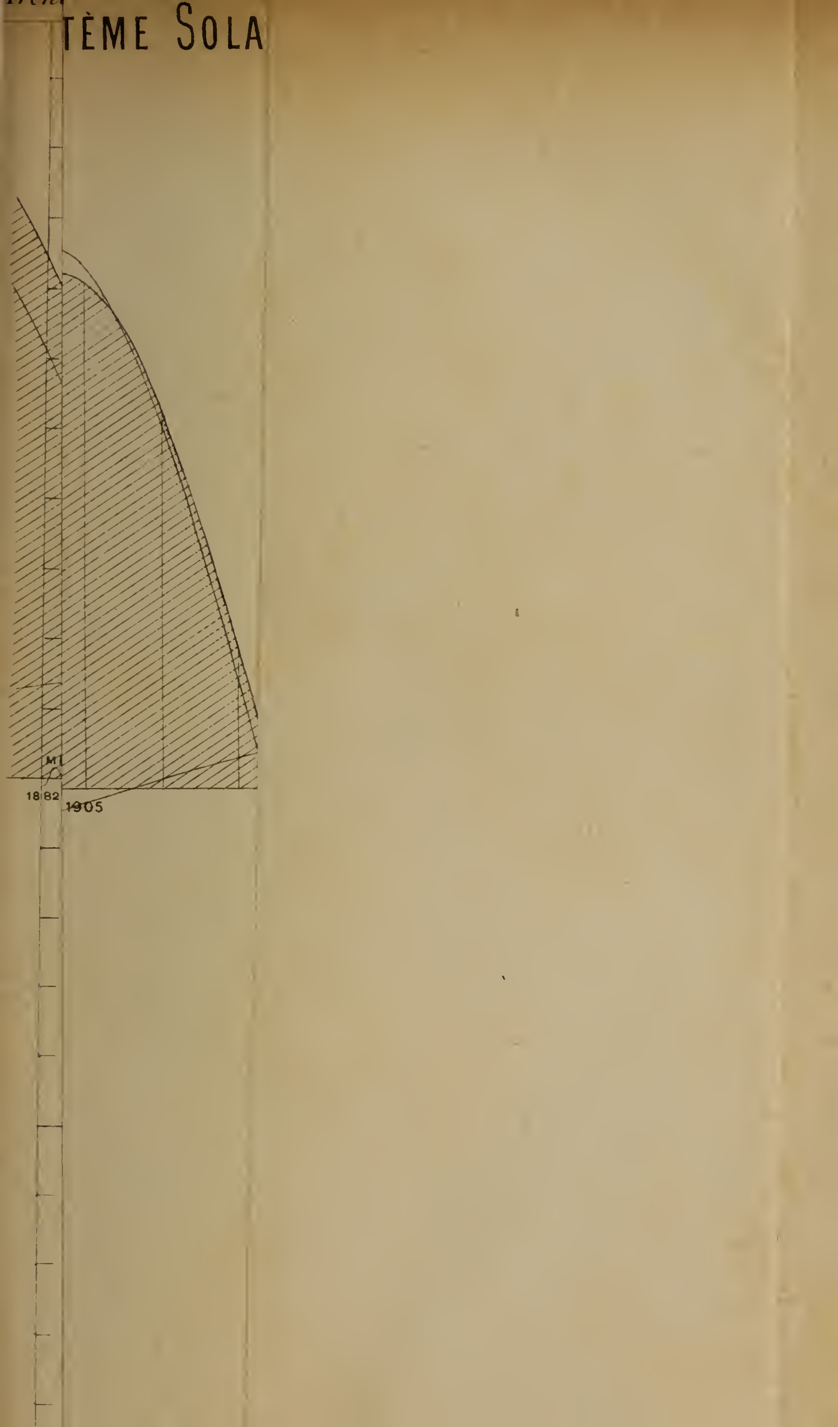
CHIMIE.

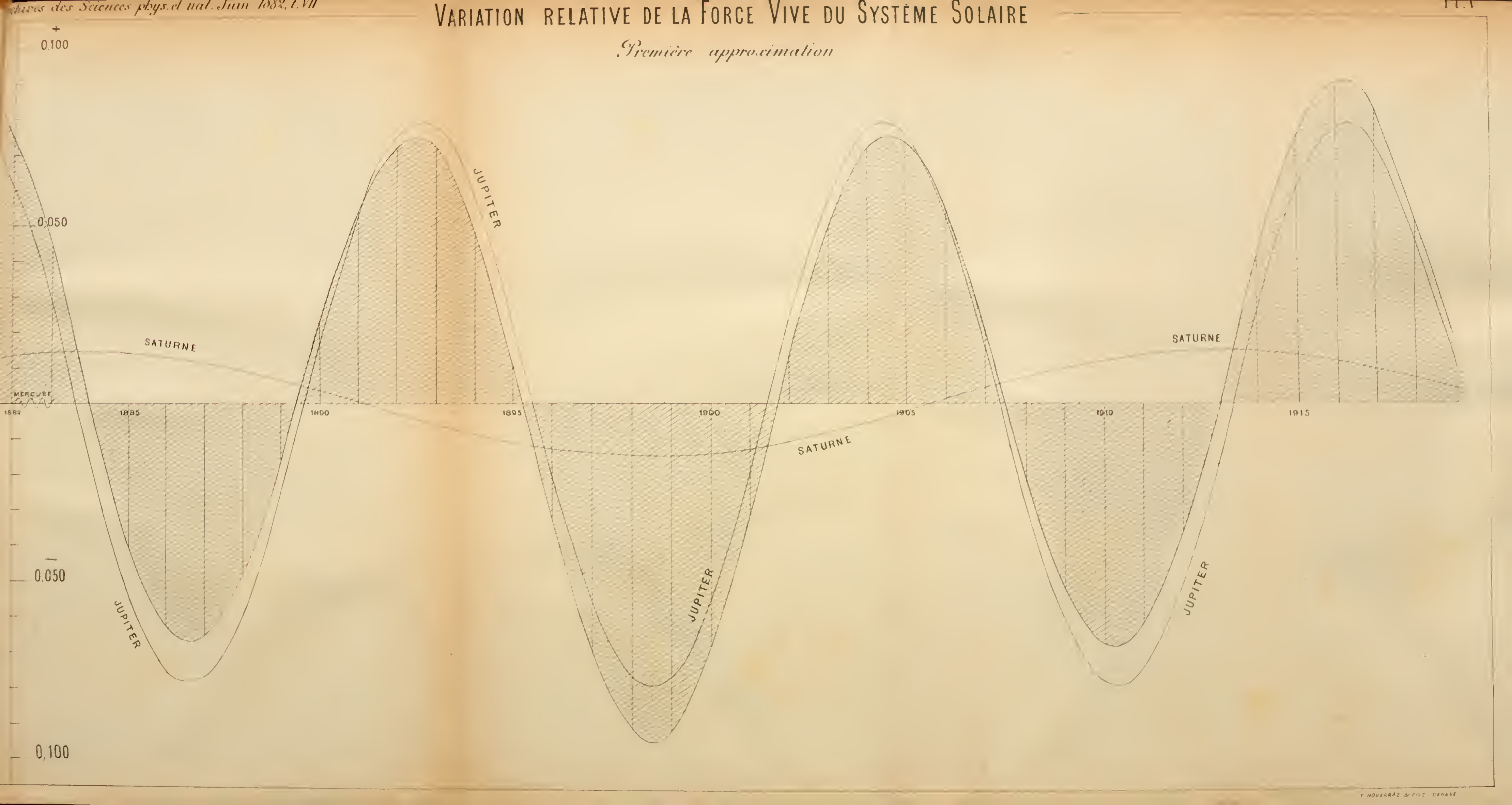
ZOOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

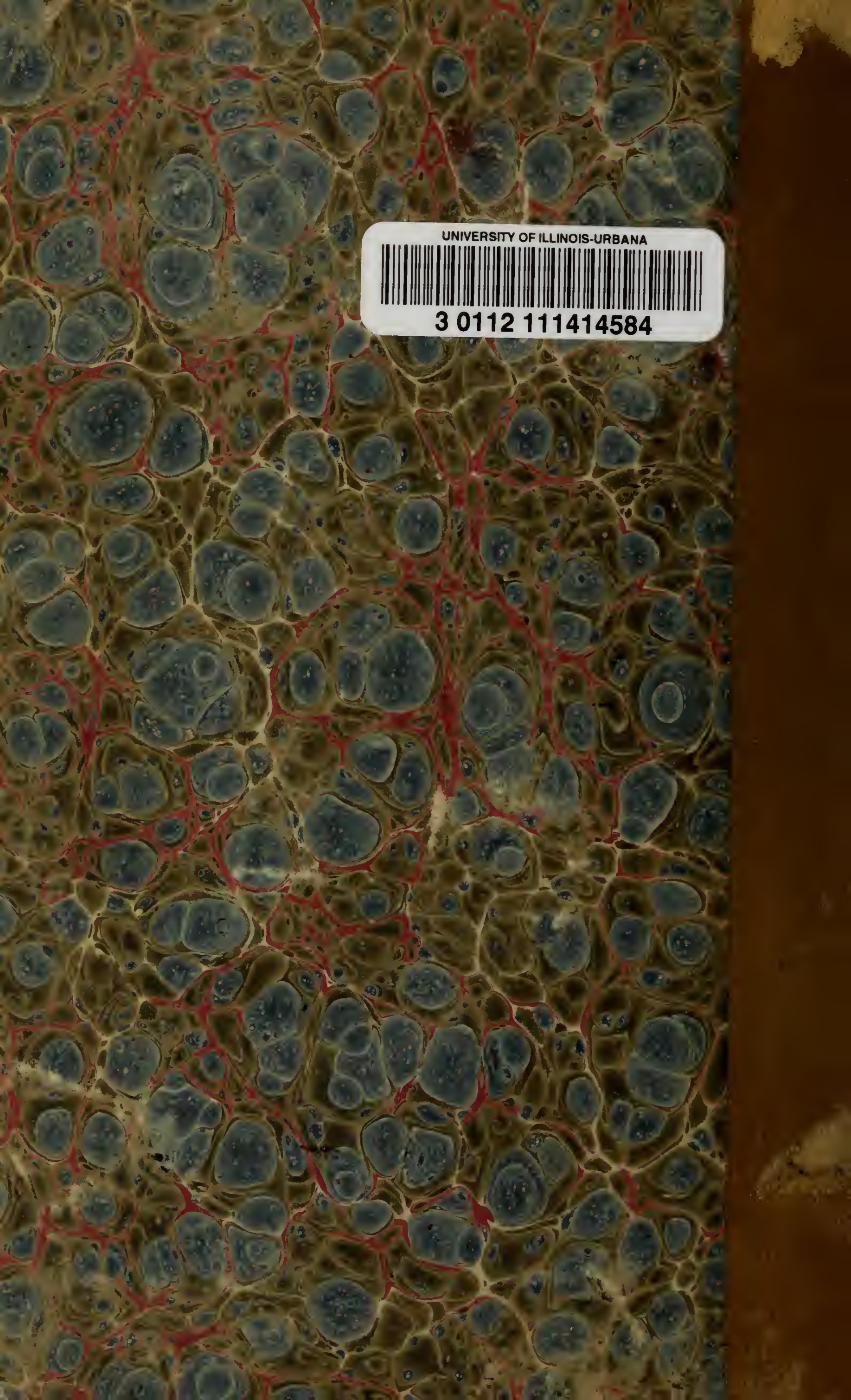
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.


TÈME SOLA
M1
18 82
1905



NOVERRAZ & FILS GENÈVE


UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 111414584